



Lesnická
a dřevařská
fakulta

3. 5. 2018, Brno

Připravil:

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

Péče o pilové listy a pásy

Předmět: Komplexní péče o výrobní techniku

Mendelova
univerzita
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah přednášky

Úvod

1. Péče o pilové listy
2. Péče o pilové pásy



Úvod

Nástroje při obrábění materiálů na bázi dřeva musí často plnit zcela protichůdné požadavky v různých technologických operacích.

Správná volba nástroje, geometrie jeho řezného klínu má rozhodující vliv:

- 1) Na průběh řezného procesu – zejména na tvoření a oddělování třísky.
- 2) Na zvýšení produktivity práce.
- 3) Na vyšší trvanlivost řezné hrany.
- 4) Na lepší kvalitu obrobenej plochy.
- 5) Na vyšší tuhost soustavy SNOP

(Stroj-Nástroj-Obrobek-Přípravek).

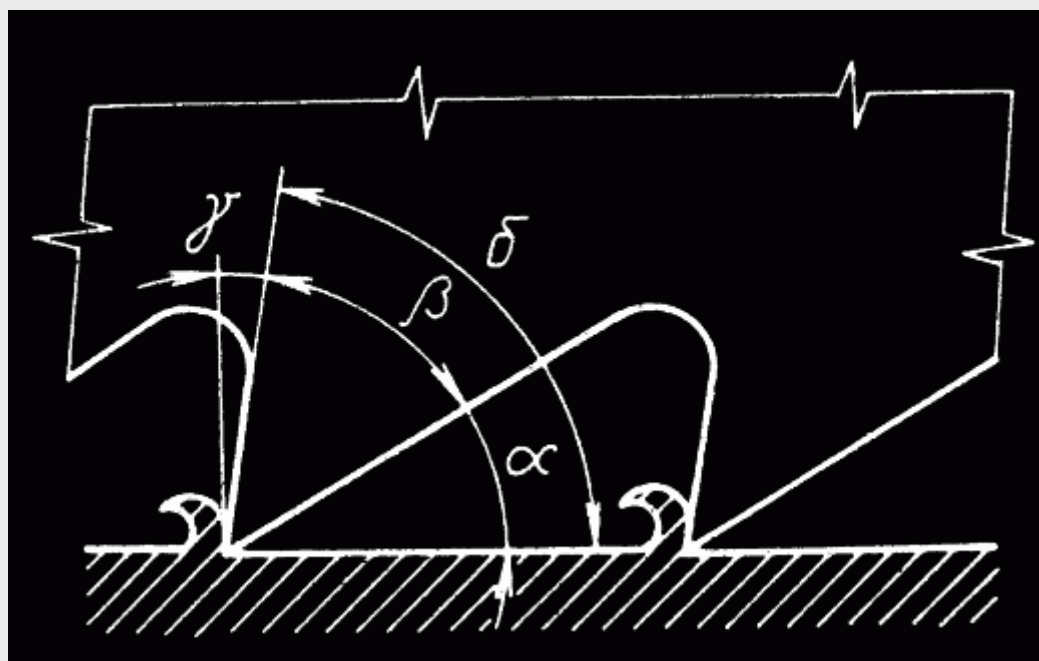


Definice dřevoobráběcího nástroje

„Dřevoobráběcí nástroj = těleso rozličného tvaru, na kterém je realizován buď jeden nebo větší počet řezných klínů (zubů, nožů, žiletek ...).“



Základní nástrojové úhly



α - úhel hřbetu

β - úhel břitu

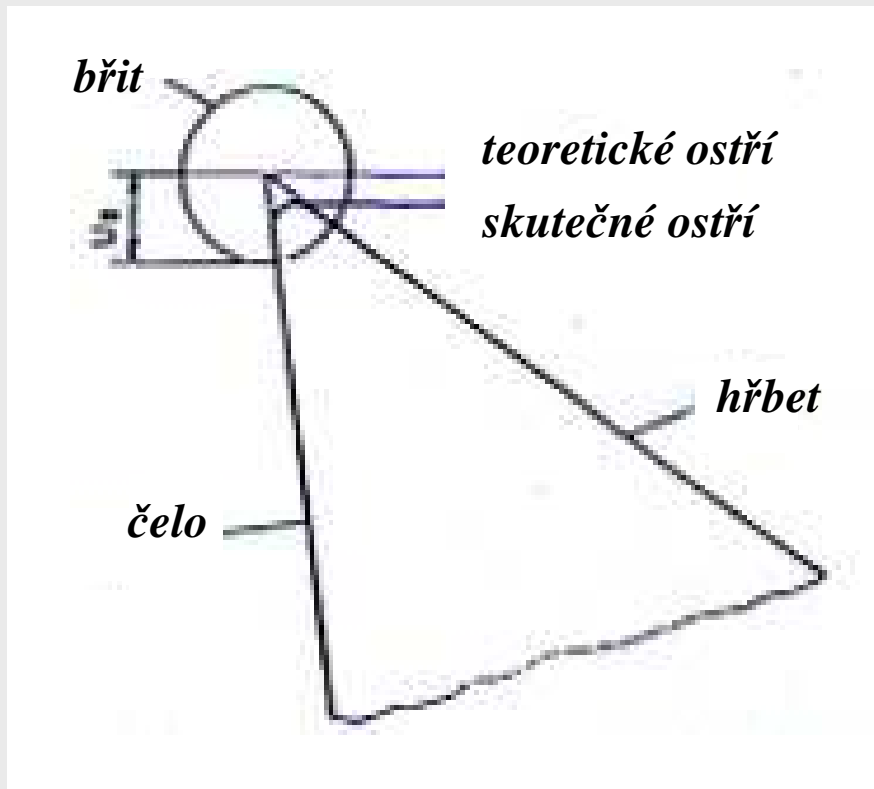
γ - úhel čela

δ - úhel řezu

<http://www.rzk.xf.cz/rezani.html>



Názvosloví řezného klínu nástroje

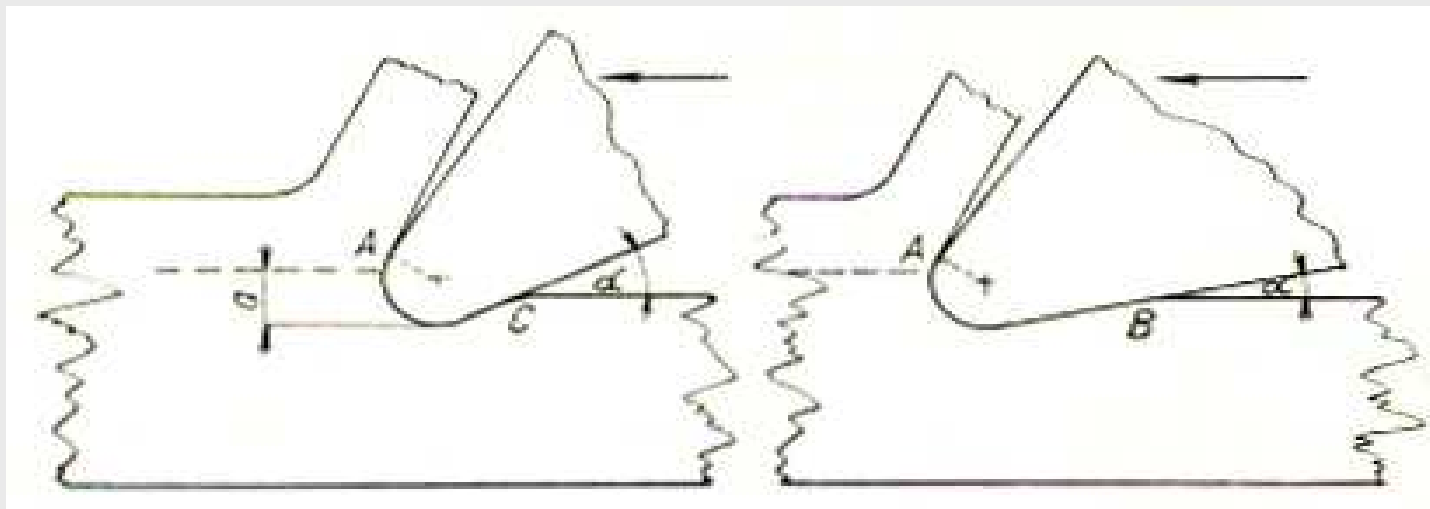


- **Břit** – klínová část nástroje vytvořená plochou čela a hřbetu nástroje.
- **Teoretické ostří** – vznikne průnikem roviny čela a hřbetu nástroje.
- **Skutečné ostří** – je tvořeno průnikem nerovných ploch čela a hřbetu.
- **Otupené ostří** – je tvořeno válcovou nebo jinou plochou.



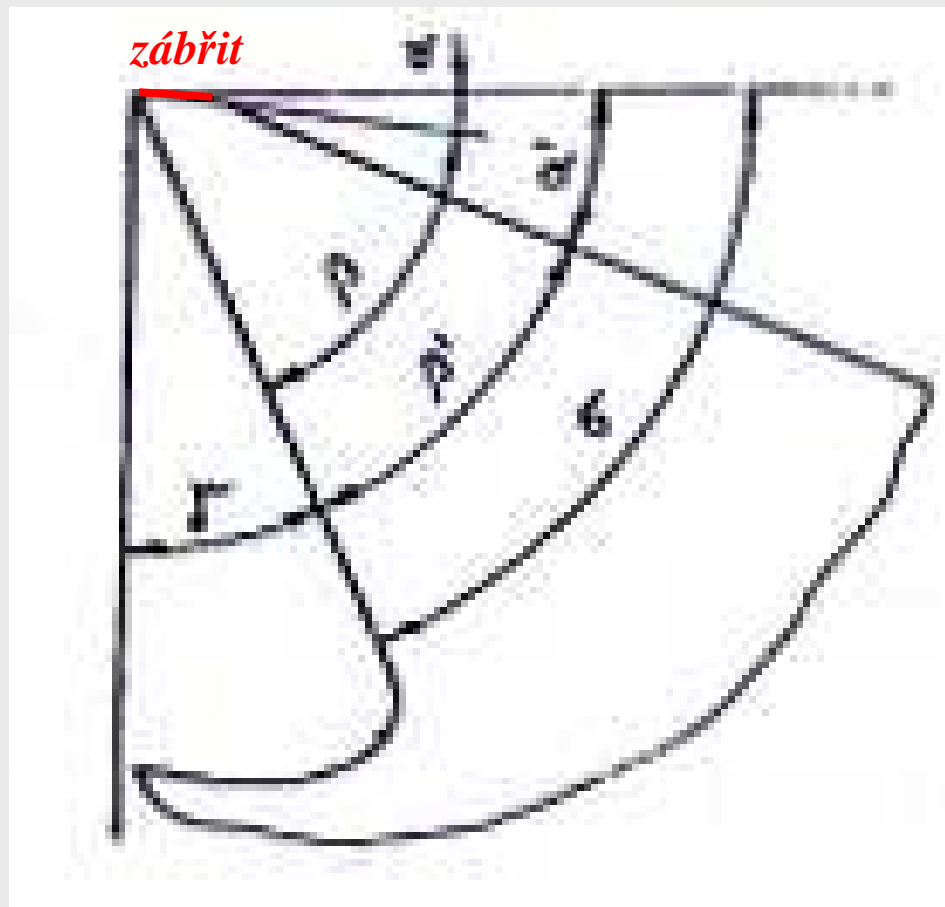
Úhel hřbetu α

α – úhel, který svírá hřbet nástroje s rovinou řezu (obvykle je 10° až 30° , nástroje pro beztržkové dělení i 0°)



- má vliv na tření hřbetu nástroje o obráběnou plochu,
- styková plocha se postupně zvětšuje s otupením nástroje, při větším otupení je materiál o tloušťce a tlačěn pod břit:
 - ▶ vznik velkého tření a pružných deformací,
 - ▶ materiál se vrací zpět ke hřbetu nástroje,
 - ▶ větší řezný odpor a zahřívání nástroje.

Zábřit



Zábřit – vyskytuje se například u nožů frézovacích hlav.

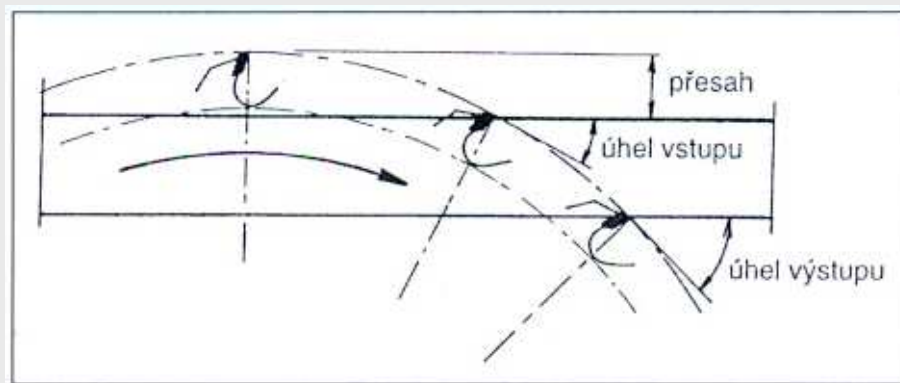
Jedná se o zbroušenou plošku (cca do 0,2 mm) na hřbetu nože, která často vzniká při egalizaci (sjednocení) břitů frézovacích nožů do řezné kružnice.

Výhody: všechny nože odebírají stejnou třísku, zvýšení úhlu břitu $\beta \rightarrow$ zvýšení pevnosti břitu.

Nevýhody: zvětšení úhlu řezu δ , snížení úhlu hřbetu $\alpha \rightarrow$ větší odpory při frézování.

Úhel čela γ

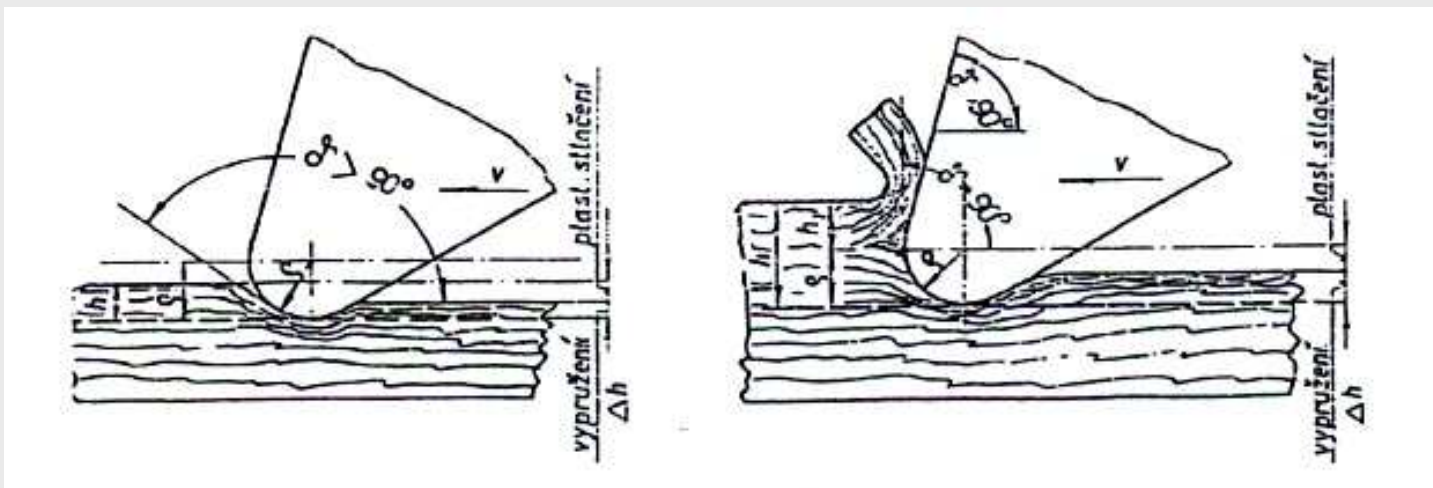
γ – úhel čela přímo ovlivňuje tvoření třísky a kvalitu obrobenej plochy



- záporný úhel čela vytváří dobré podmínky pro spodní plochu odřezávaného materiálu (zejména u DTD) neboť třísku neodsekává ale „odškrabává“ na druhé straně horní vrstva může být nadzvedávána a zubem „borcena“ – proto např. u kotoučů pro formátovací pily se volí úhel čela v okolí 5° .
- úhel čela se u dřevoobráběcích nástrojů může pohybovat v rozmezí -5° až 35°

Úhel řezu δ

δ – úhel řezu přímo ovlivňuje řezný odpor při vnikání nástroje do materiálu



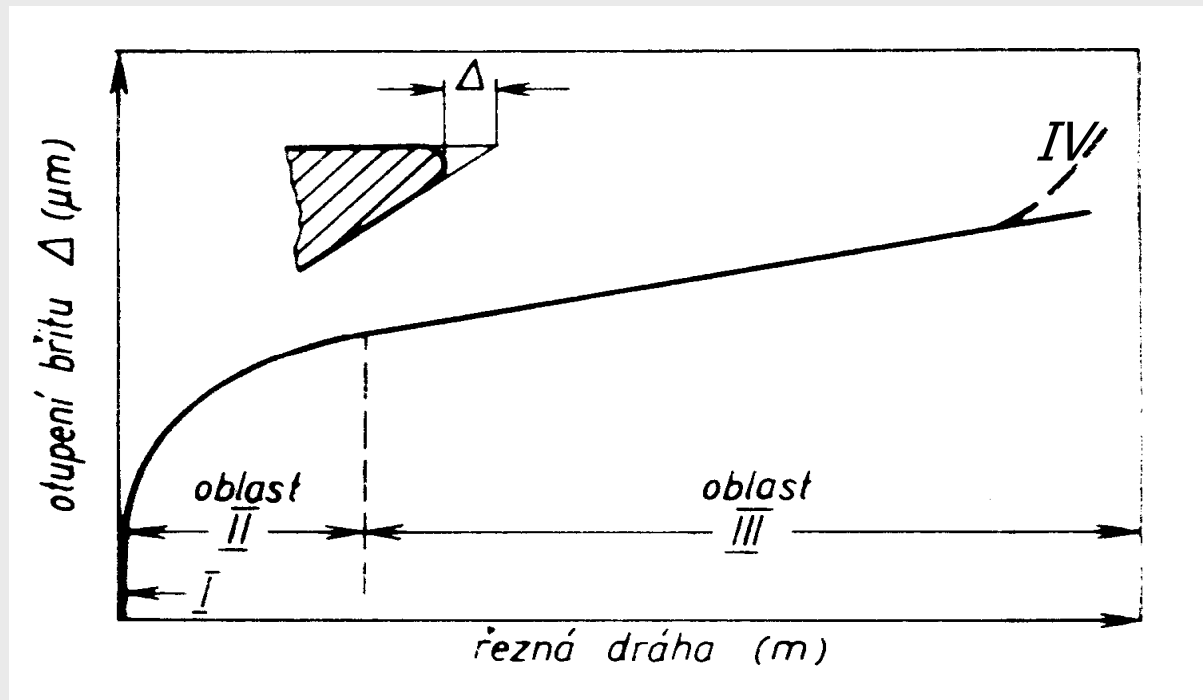
- Při malém úhlu řezu řezný odpor klesá a naopak (malý úhel řezu při definovaném úhlu hřbetu ovšem má za následek velmi malý úhel břitu β a břit je náchylnější k vylomení a rychlejšímu otupení).
- S rostoucím otupením (poloměrem otupení ρ) roste úhel řezu a při extrémním otupení ztrácí břit nástroje schopnost oddělit třísku, dochází k pálení obráběné plochy a ničení nástroje).

Opotřebení břitu nástroje

Z velké části je ovlivněno:

- A. Vzájemnou mechanickou interakcí obrobku (třísky) a nástroje.
- B. Elektrochemickým působením obráběného materiálu.
- C. Tepelným namáháním břitu nástroje.

Průběh otupování



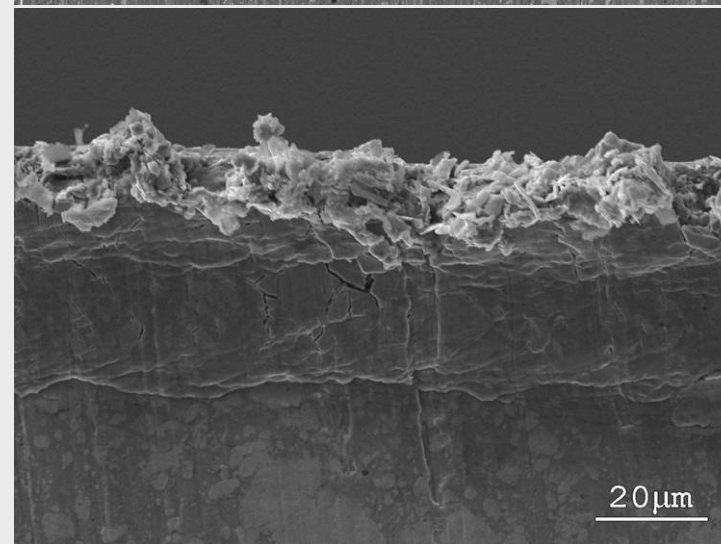
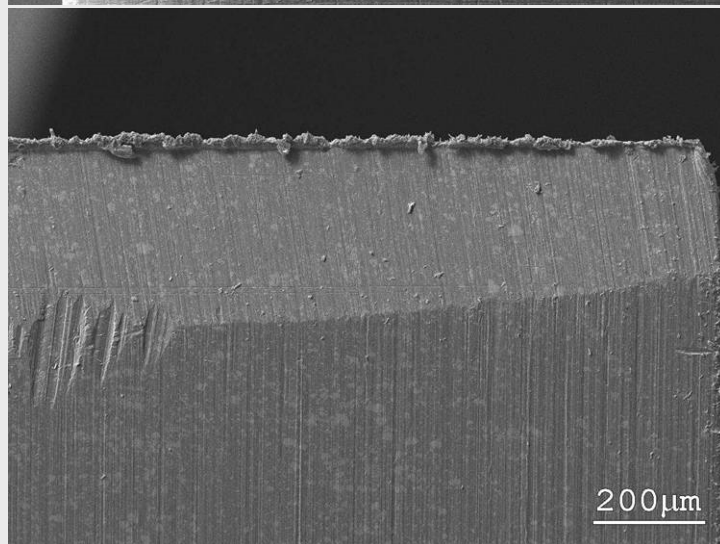
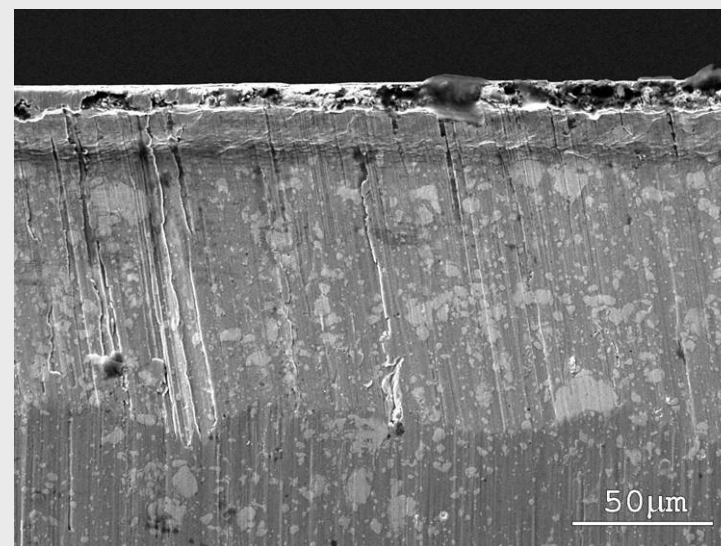
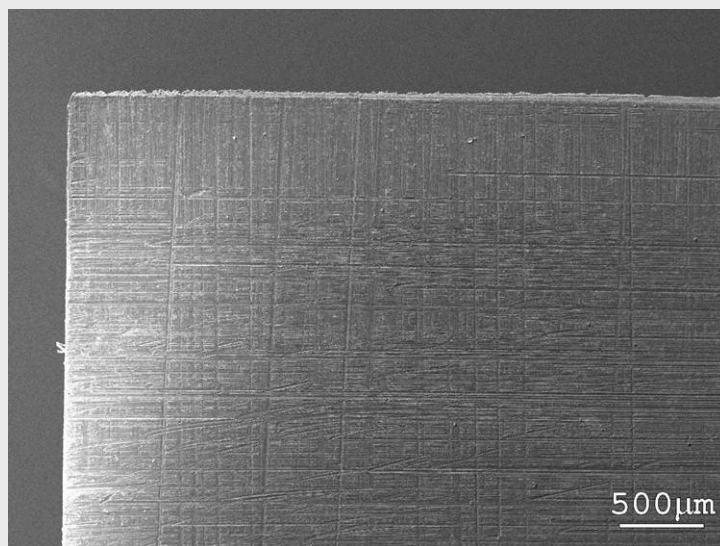
- Otupování je postupná změna mikrogeometrie břitu během obrábění.
- Nástroj je tupý tehdy, když dochází k nepřijatelnému zhoršení kvality obráběného povrchu, zvýšení řezné síly, pálení a rozměrovým nepřesnostem obrobku.

- **I** – první záběr břitu, odstranění (odlomení) jehly a otřepů,
- **II** – vzrůst otupení s degresívním průběhem,
- **III** – fáze rovnoměrného otupování - opotřebování,
- **IV** – nárůst otupení s regresívním průběhem (není experimentálně prokázáno).

Fáze otupování břitu

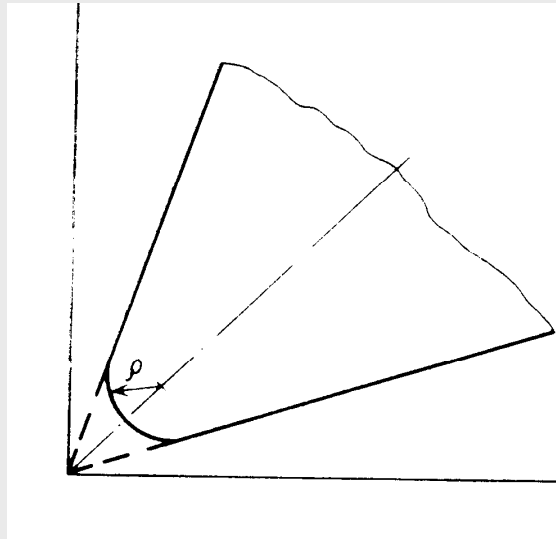
- v I. období pouze mechanický proces odlomení tzv. „jehly“ (vnější-řezné síly jsou větší než vnitřní vazebné síly materiálu břitu),
- ve II. a III. období spolupůsobí mechanický otěr + otěr způsobený zahřátím povrchové vrstvičky břitu na vysoké teploty až 650 °C + elektrochemická koroze podporovaná kyselinami obsaženými ve dřevě a vlhkostí dřeva,
- z teoretických poznatků zatím pro praxi vyplývá požadavek antikorozních ocelí, širší použití SK, stelitů, které jsou z hlediska vysokých teplot odolnější než běžné druhy nástrojových ocelí.

Břit nástroje z HS 19824 pod elektronovým mikroskopem

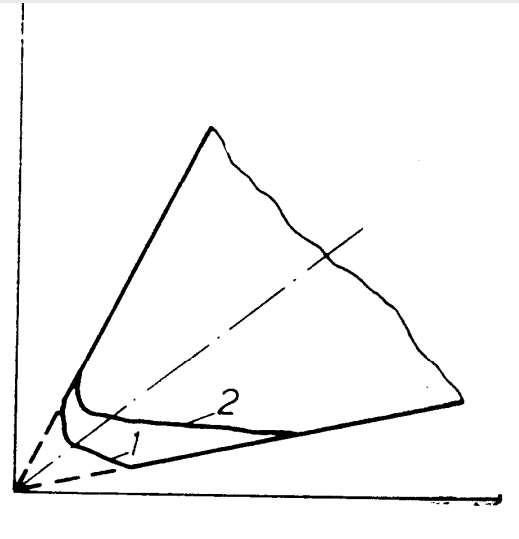


Změna mikrogeometrie břitu

Závisí na druhu nástroje a druhu obrábění, tloušťce třísky, rezných úhlech a druhu obrobku.



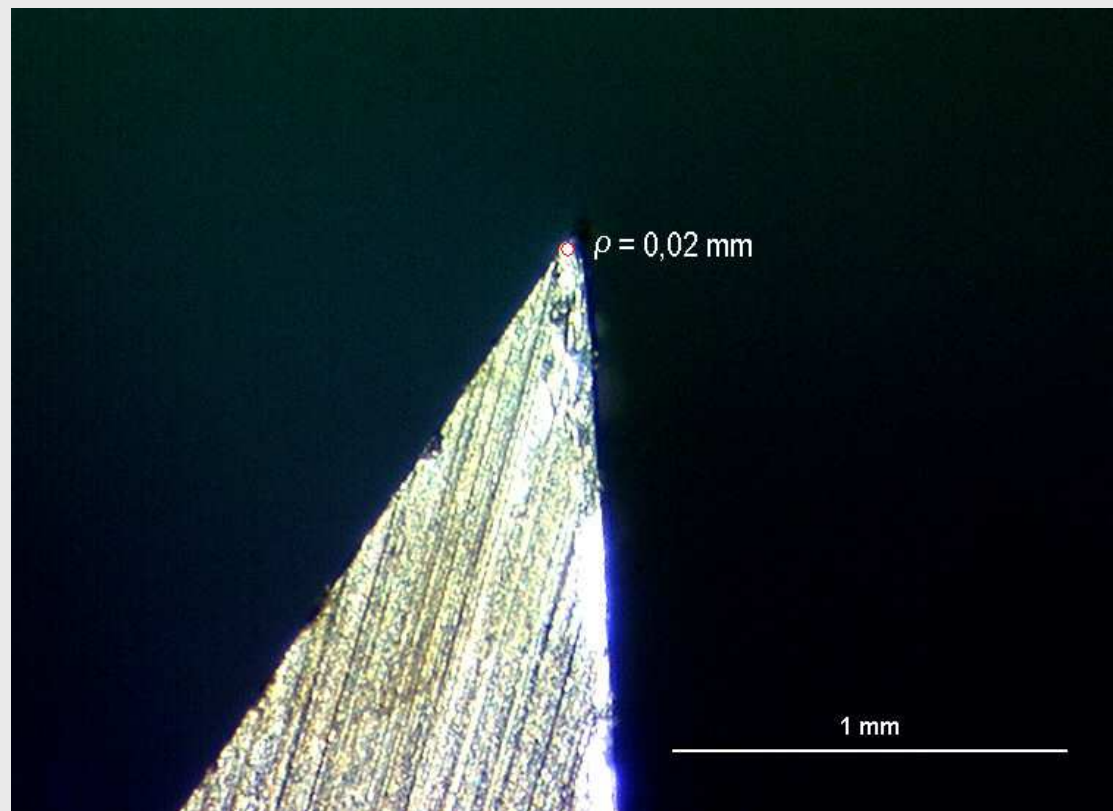
zaoblení hrotu při řezání
měkkého dřeva pilami



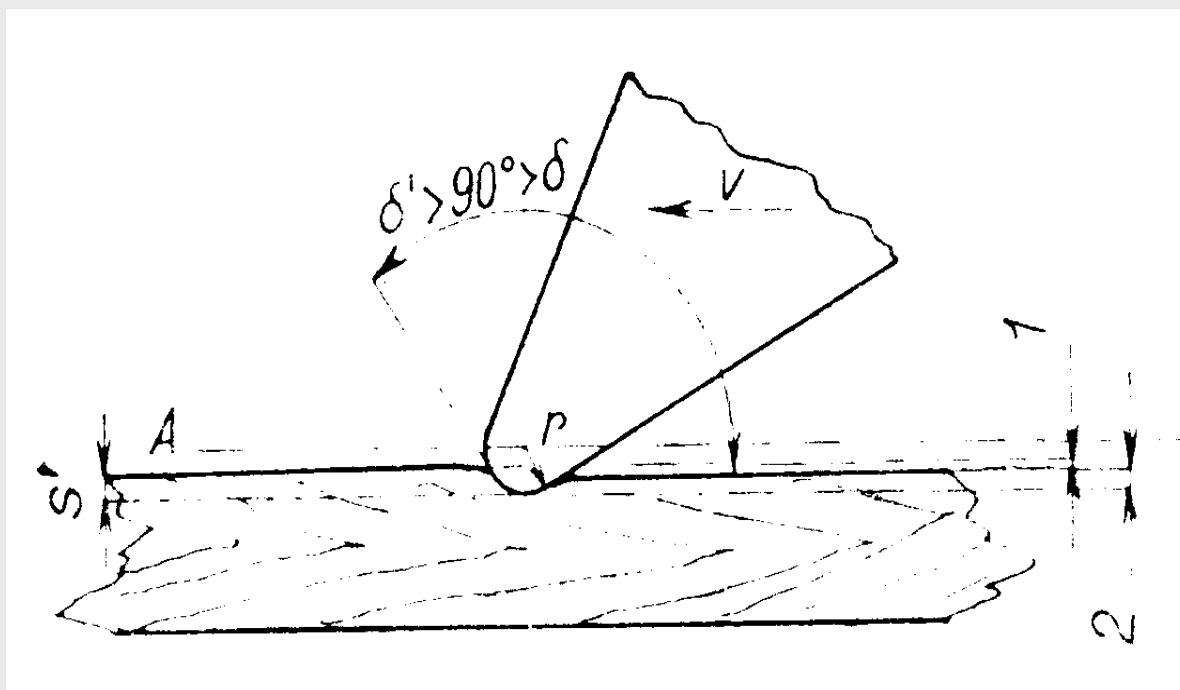
typický profil frézovacího nože
(1- smrk, buk; 2 - abrazivní obrobek)

Poloměr otupení břitu frézovacího nože

Rychlořezné oceli umožňují dobré naostření břitu - poloměr zaoblení břitu se běžně pohybuje v mezích $\rho = 8$ až $10 \mu\text{m}$



Průvodní jevy opotřebení břitu



Při otupeném nástroji, kdy je tloušťka třísky menší než poloměr ostří nástroje (úhel řezu je větší než 90°) - nástroj stlačuje hmotu obrobku pod sebe a neodřezává ji - dochází k pálení obrobku = hrubá technologická chyba.

PROJEVY v PRAXI:

- růst řezné síly,
- obtížný posuv,
- nekvalitní obrobená plocha,
- pálení obrobku.

Poznámka:

Tyto jevy jsou snadno pozorovatelné při řezání kotoučovými pilami s velkou řeznou výškou, při frézování apod.)

Proces opotřebení je charakterizován

- *Trvanlivostí břitu* = doba, po kterou naostřený nástroj pracuje.
- *Životností nástroje* = doba, která je násobkem trvanlivosti břitu – násobek je dán počtem ostření nástroje (podle některých výzkumů např. Pernica, 2001, pilové kotouče se zuby HW, Pilana 315 mm, $z = 18$, mohou být po dobu technického života přebroušeny max. 30x).

Metodika péče o nástroje

Péče o nástroj obsahuje několik kroků, jejichž provedení zabezpečuje jeho provozuschopný stav, dosažení optimální kvality obrábění a udržení vysoké trvanlivosti břitů

předběžná kontrola

konečná kontrola

čištění

ostření a obtahování břitů

úprava vnitřního pnutí
vyrovnávání
deformací

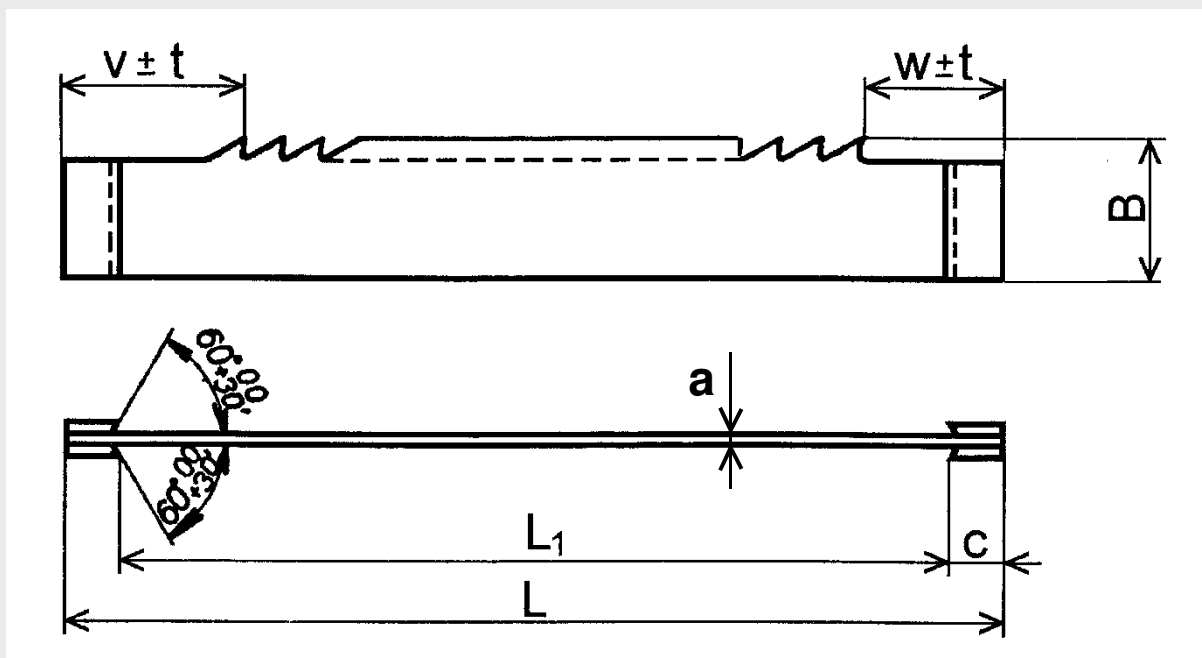
rozvádění zubů
pěchování zubů
egalizace zubů



1. Péče o pilové listy



Názvosloví a základní rozměry pilového listu



Délka

$$L = D_{max} + H + 300 \quad [\text{mm}]$$

kde: D_{max} – průměr výřezu,
 H – zdvih pilového rámu

Tloušťka

empiricky

$$a = (0,1 \div 0,12) \sqrt{D_{max}} \quad [\text{mm}]$$

ČSN 225360

1,8 mm pro $L = 1050$ mm,

2 mm pro $L = 1100$ až 1250 mm,

2,2 mm pro $L = 1300$ až 1600 mm

2,4 mm pro $L > 1600$ mm

Šířka

B – závisí na délce a tloušťce
(bývá – 120, 140, 160 mm)

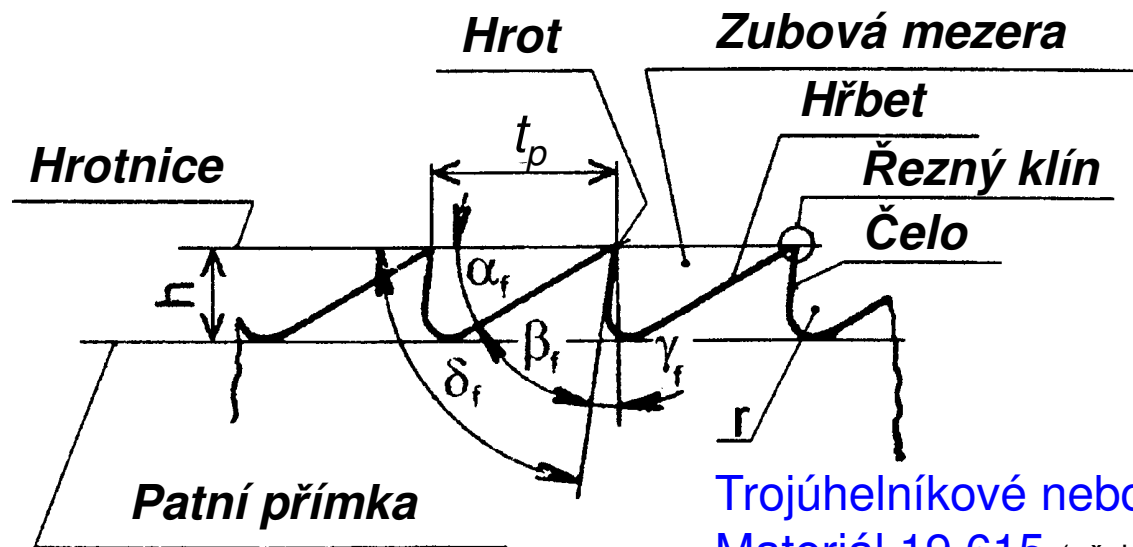
Pata pilového listu - w

Hlava pilového listu - v

Šířka konce závěsu – c

Volná délka mezi závěsy – L_1

Názvosloví, geometrie a materiál



t_p – rozteč mezi zuby
 h – výška zubu

fa Pilana používá materiál 75Cr1, tvrdost 48 HRC,
pevnost v tahu 1780 MPa

Trojúhelníkové nebo vlčí ozubení
Materiál 19 615 (pěchované zuby)

(C 0,5 až 0,6%, Cr – 0,25 až 0,45%
Si – 0,2 až 0,4%, Mn – 0,3 až 0,6%
Ni – 1,25 až 2,15%, S=max 0,015%, P = max 0,02%)
fa Pilana používá materiál 75Cr1, tvrdost 48 HRC

Materiál 16 270 (rozváděné zuby)

(C 0,65 až 0,75%, Cr – 0,25 až 0,45%
Si – 0,2 až 0,4%, Mn – 0,3 až 0,6%
Ni – 1,85 až 2,15%)
Zušlechtěno na tvrdost 48 HRC

Zásady provozu

1. Používat dobře naostřené a dostatečně napnuté listy
geometrie řezné hrany – $\gamma_f = 14^\circ \pm 2^\circ$, $\beta_f = 48^\circ \pm 2^\circ$, $t_p = 26$ mm,
 $h = 0,7t_p = 18,2$ mm, $r = 0,2t_p = 5,2$ mm.
2. Napínat na prodloužení listu
0,28 až 0,31 mm/230 mm délky listu.
3. Používat vhodné závěsy (neotlačené).
4. Používat vhodné mezopilové vložky (např. texgumoid*),
pravidelně kontrolovat jejich tloušťku.
5. Používat doporučené řezné rychlosti $v_c = 6,5$ až $7,5$ m/s a
posuvné rychlosti $v_f = 10$ až 16 m/min a bezdůvodně je
nepřekračovat.

Poznámka: texgumoid - vyroben z bavlněné tkaniny jako výztuže a z fenolické živice jako pojiva. Materiál je charakterizovaný výbornými mechanickými a elektroizolačními vlastnostmi, dobrou opracovatelností.

A. Předběžná kontrola

Po demontáži pilového listu z rámové pily se provede:

- vizuální kontrola trhlin,
- hodnocení míry poškození (např. velké deformace listu), při kterém již nástroj nevyhovuje pro další použití.

B. Čištění

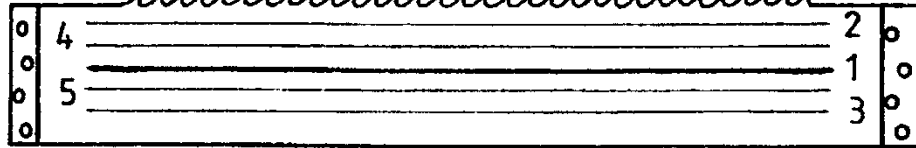
Čištění se provádí před každou operací údržby.

Spočívá v odstranění:

- *prachu*
- *smolných produktů*
- *spálených pilin*

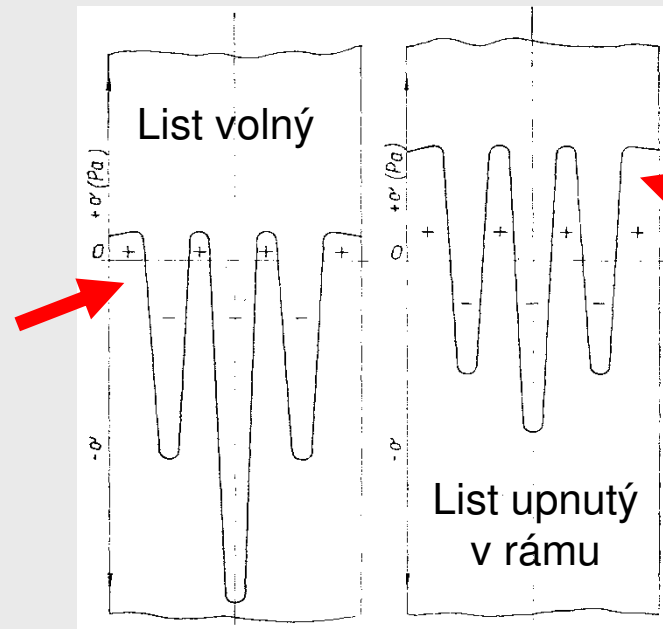
Tyto nečistoty by mohly zakrývat trhliny v nástroji, vyrovnávat vypoukliny a také znečišťovat brusný kotouč. Lze použít různé speciální kapaliny (např. remafluid).

C. Úprava vnitřního pnutí a nerovností listu

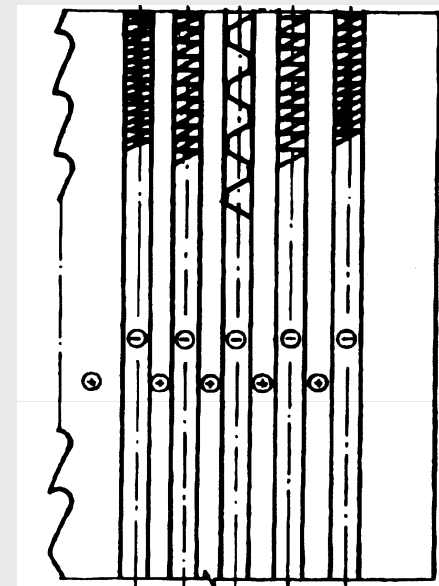


U neupraveného listu rámové pily je při napínání namáhána především střední část listu, přičemž okraje nedosáhnou žádané tuhosti – proto se zejména střední část pilového listu prodlužuje symetrickým válcováním v několika stopách (listy o šířce do 140 mm – pouze 3 stopy – střední stopa se umísťuje do středu šířky listu – další stopy ve vzdálenosti 20 až 30 mm).

Tlakem válečku válcovacího stroje se list plasticky deformuje v oblasti válcované stopy – materiál ve válcované stopě se roztáhne a „unáší“ s sebou okolní materiál listu, kde vzniká tahové napětí až 100 MPa



Tahové napětí po upnutí PL do rámu se podstatně zvýší v řezné části což je požadavkem

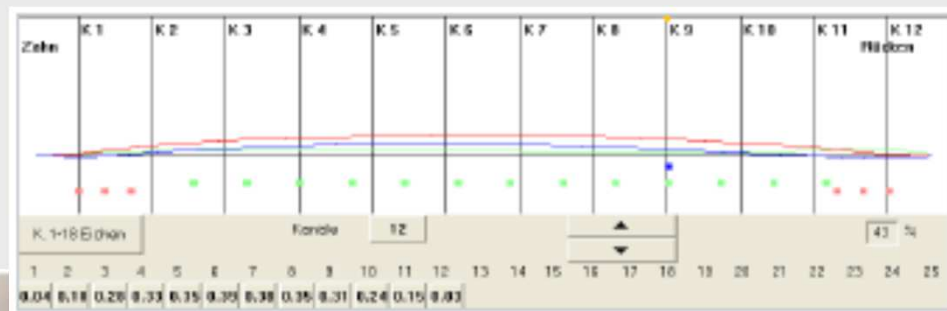


Válcování = zvýšení tuhosti

Výhody:

- je možné zvýšit posuv
- zvýší se přesnost řezání
- zlepší se jakost obrobené plochy
- je možné použít tenčích nástrojů

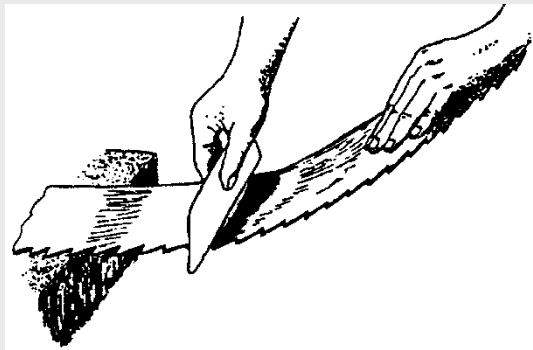
CNC válčovačka pro pilové pásy



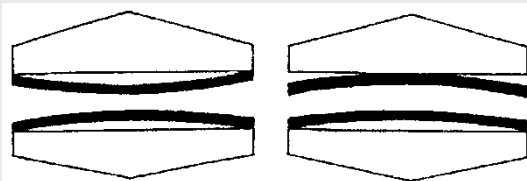
Délka L (mm)	Tloušťka s_1 (mm)	Tlak válečků		Stupeň pnutí f (mm) při šířce listu (bez ozubení)			
		kN	N.cm ⁻²	180	160	140	120—160
1 100	1,6	9,6	340	—	—	0,15	—
	1,8	12,0	430	—	—	0,20	—
1 250	2,0	12,8	450	—	0,20	0,10	—
	2,2	20,0	710	—	0,30	0,18	—
1 400	2,0	11,2	400	—	0,15	0,08	—
	2,2	17,6	620	—	0,25	0,15	—
1 500	2,2	16,0	570	—	0,20	0,10	0,05
	2,5	20,0	710	—	0,30	0,18	—
1 600	2,2	16,0	570	—	0,20	0,10	—
	2,5	20,0	710	—	0,30	0,18	—
1 950	2,5	20,0	710	0,35	0,30	0,15	—
	2,5	18,4	650	0,30	0,25	0,10	—

Kontrola správného rozložení napětí

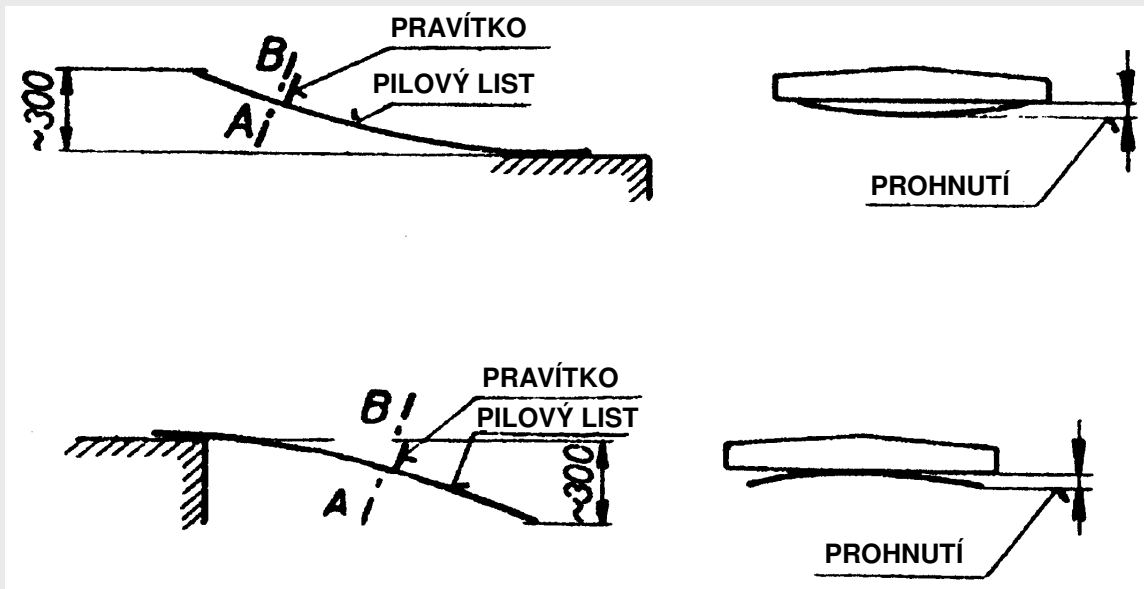
Kritériem hodnocení je vznik světelné mezery při přiložení pravítka k definovaně prohnutému pilovému listu



SPRÁVNĚ



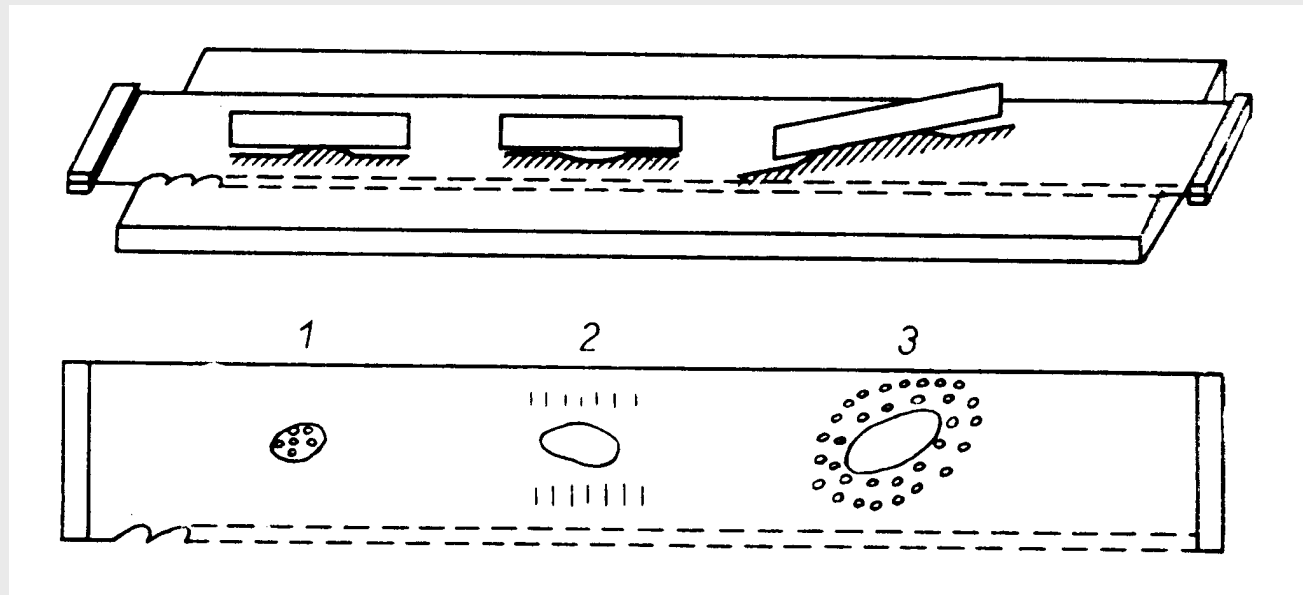
ŠPATNĚ



Nedostatečná tuhost listu

Opravy nerovností volně položeného listu

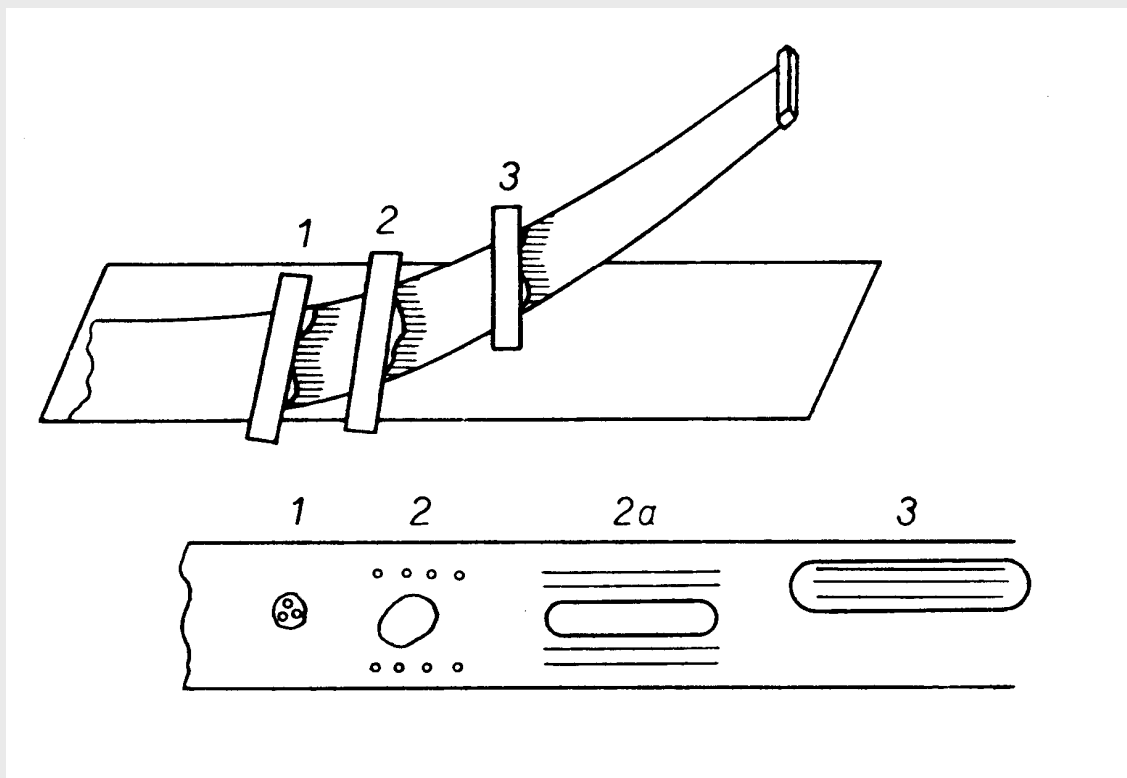
Kontrola nerovností volně položeného listu pravítkem a způsoby opravy



1 - malá vypouklina 2 - prohlubenina 3 - vypouklina větších rozměrů

Malé nerovnosti jsou obvykle vyrovnávány údery kladiva (poz. 1 a 3) nebo pomocí válcovacího stroje (poz. 2)

Opravy nerovností listu v důsledku nesprávného vnitřního pnutí



1 - místní malé pnutí

2 - místní velké pnutí
kruhového tvaru

2a - místní velké pnutí
podélného tvaru
(oprava válcováním)

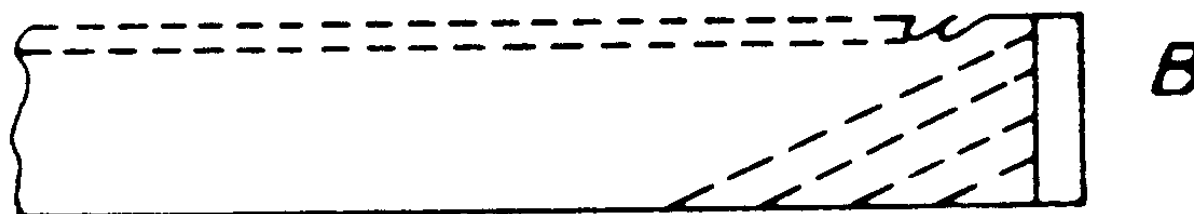
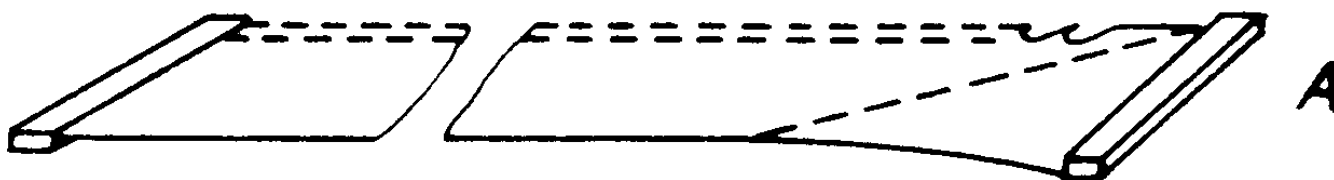
3 - malé pnutí
podélného tvaru
(oprava válcováním)

Poznámka: Při opravě malých vypouklin se list podkládá kartónem, tenkou pryží, případně kůží, aby se zabránilo roztahování oceli listu

Rovnění listů rámových pil

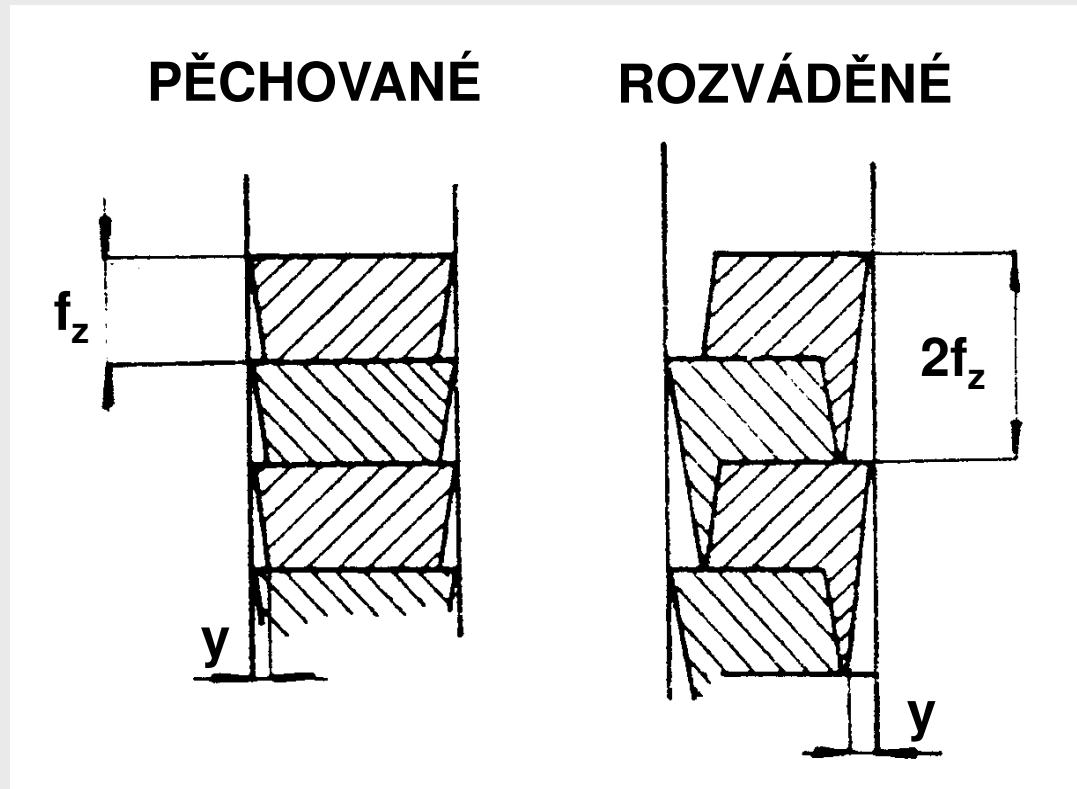
A – Chyba, ohnutí konce listu

B - Způsob opravy, stopy po kladivu (válcovačce) jsou označeny čárkovaně



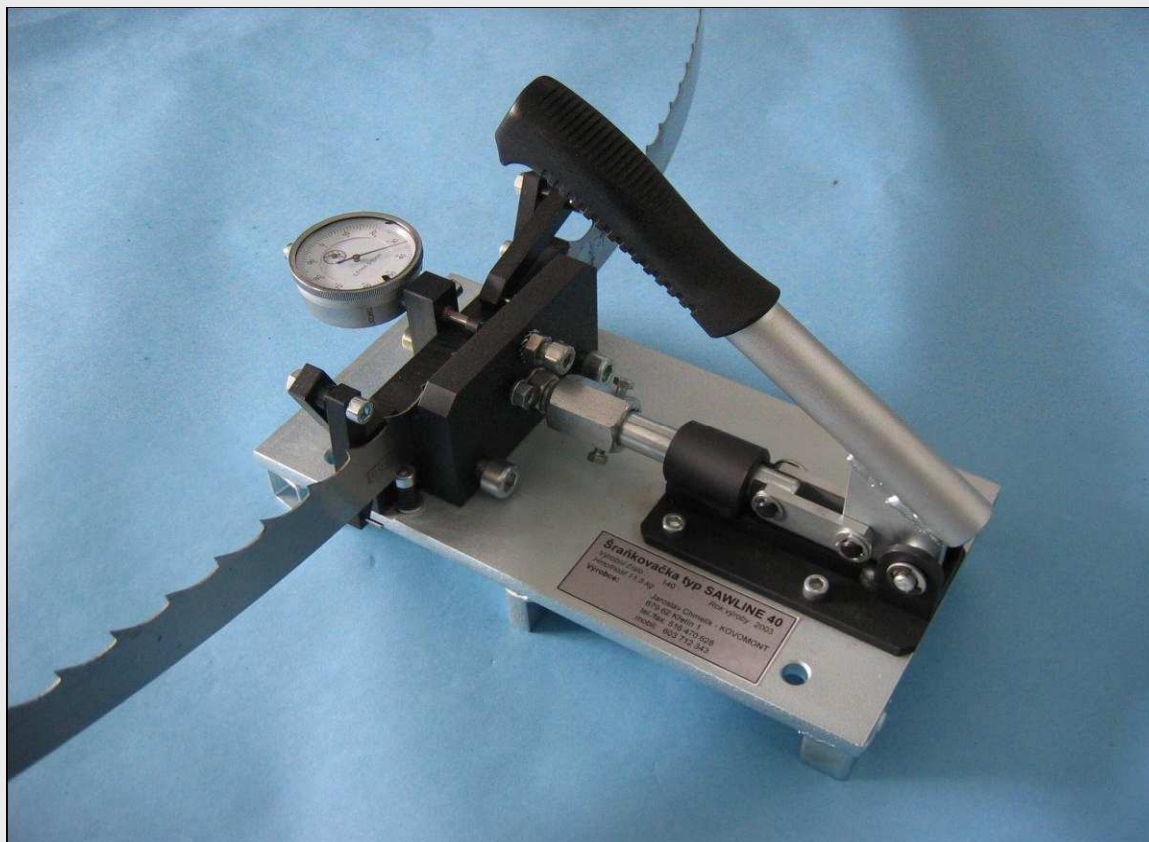
D. Rozvádění a pěchování zubů

1. Rovnoměrné namáhání zubů, lepší stabilita nástroje.
2. Poloviční posuv na zub f_z , při stejném posuvu – lepší kvalita obrobene plochy (menší hloubka rýhování y), snížení spotřeby energie o 3 až 10%.
3. Při ostření je možné odebrat menší vrstvu materiálu – nižší spotřeba nástrojů.
4. Nutnost egalizace (sjednocení) zubů.



1. Zuby jsou více namáhány na ohyb - kmitání listu.
2. Horší kvalita řezu vlivem vyšší nepřesnosti ve vychýlení zubů (pružné deformace).
3. Při stejné posuvné rychlosti obrobku je dvojnásobný posuv na zub (u bočního ostří), odtud horší drsnost řezné spáry než u pěchování..

Šraňkovačka



Rozvod se provádí rozváděcí pákou, kleštěmi nebo rozváděcím automatem (šraňkovačkou).

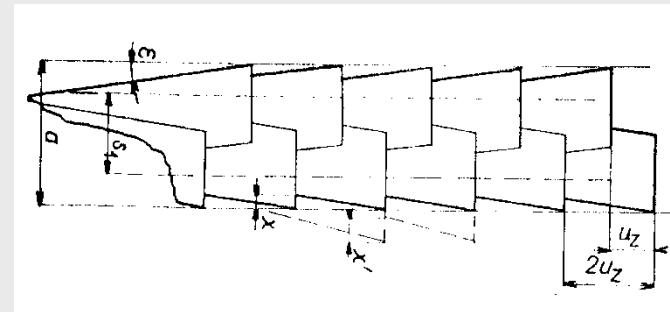
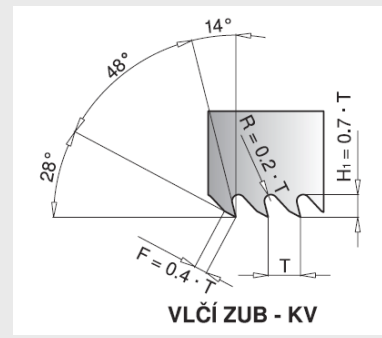
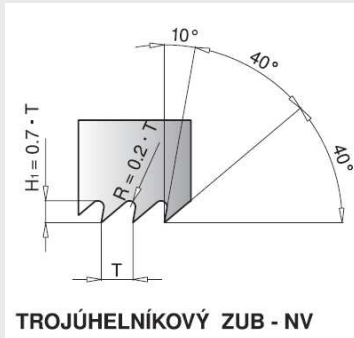
Rozvod zubů na jednu stranu nesmí být větší než polovina tloušťky listu.





U tétohož nástroje jsou přípustné odchylky nejvýše $\pm 0,05$ mm.

Rozvádí se pouze horní třetina zubu - před ostřením.

http://www.kovomont.com/index_soubory/Page312.htm

Velikost rozvodu



Typ dřeva				
	zmrzlé, velmi tvrdé	tvrdé	tvrdé s nízkou hustotou, měkké	měkké
Úhel čela	8 - 12°	10 - 14°	14 - 16°	14 - 19°
Hloubka zubu	0,4 - 0,5 násobek rozteče zubu	0,5 násobek rozteče zubu	0,6 - 0,7 násobek rozteče zubu	0,7 násobek rozteče zubu
Vhodná tloušťka listu	2,4 mm	2,2 - 2,4 mm	2,0 - 2,2 mm	1,8 - 2,2 mm
Rozvod zubů	1/4 násobek tloušťky listu	1/4 - 1/3 násobek tloušťky listu	1/3 - 1/2 násobek tloušťky listu	1/2 násobek tloušťky listu

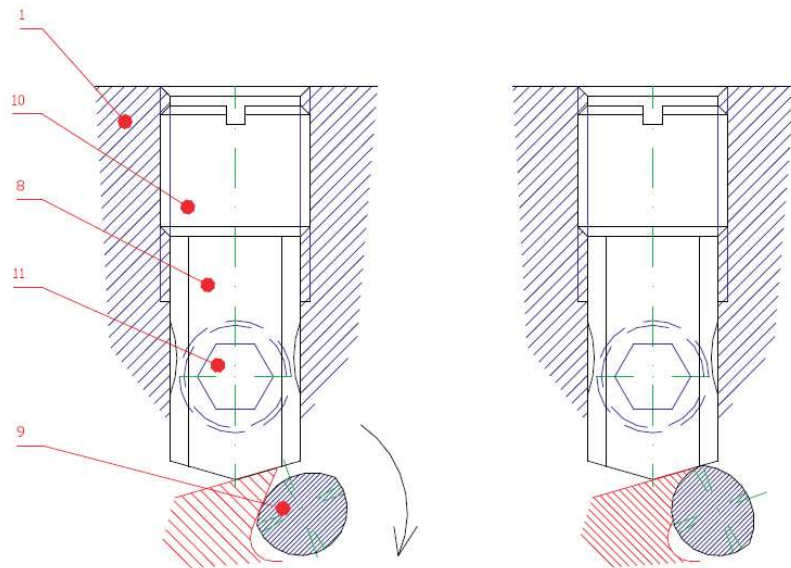
Velikost rozvodu závisí na:

- **druhu dřeva** - pro měkké nebo vláknité dřevo je nutný větší rozvod,
- **vlhkosti dřeva** - vlhké dřevo při témže rozvodu více svírá nástroj,
- **stavu dřeva** - při řezání zmrzlého dřeva je nutno volit menší rozvod)

Nejčastější chyby při rozvádění pilových listů

VADA	PROJEVUJE SE	PRAVĚPODOBNÁ PŘÍČINA
<p>Jednostranný rozvod</p> 	<ul style="list-style-type: none"> » zabíhání řezu 	<ul style="list-style-type: none"> » nedostatečná kontrola rozvodu
<p>Nepřesný rozvod</p> 	<ul style="list-style-type: none"> » drsný povrch řeziva » zabíhání řezu » možné jen nízké posuvy 	<ul style="list-style-type: none"> » nedostatečná kontrola rozvodu » nepřesné měřidlo rozvodu » pilový list není vyrovnán » list se v rozváděcím zařízení neposouvá po vodících lištách » rozváděcí kleště přikládány na zuby v různých úhlech » není zaaretováno nastavení rozváděcího zařízení
<p>Malý rozvod</p> 	<ul style="list-style-type: none"> » přehřívání nástroje (tření) » zabíhání řezu 	<ul style="list-style-type: none"> » nedostatečná kontrola rozvodu » nepřesné měřidlo rozvodu » nevhodně zvolený přesah pro tvrdost a stav daného řeziva
<p>Velký rozvod</p> 	<ul style="list-style-type: none"> » přehřívání nástroje (vysoká zátěž) » zabíhání řezu 	<ul style="list-style-type: none"> » nedostatečná kontrola rozvodu » nepřesné měřidlo rozvodu » nevhodně zvolený přesah pro tvrdost a stav daného řeziva

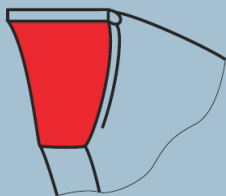
Úprava zubů pěchováním



Pěchovat se může ručně nebo častěji strojně na pneumatických pěchovačkách – excentrem 9, kovadlinka 8 zabezpečí stejný úhel hřbetní části zubu

tvary zubů:

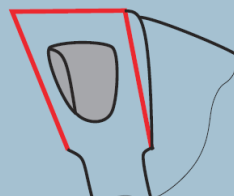
po napěchování



po egalizaci



po přebroušení

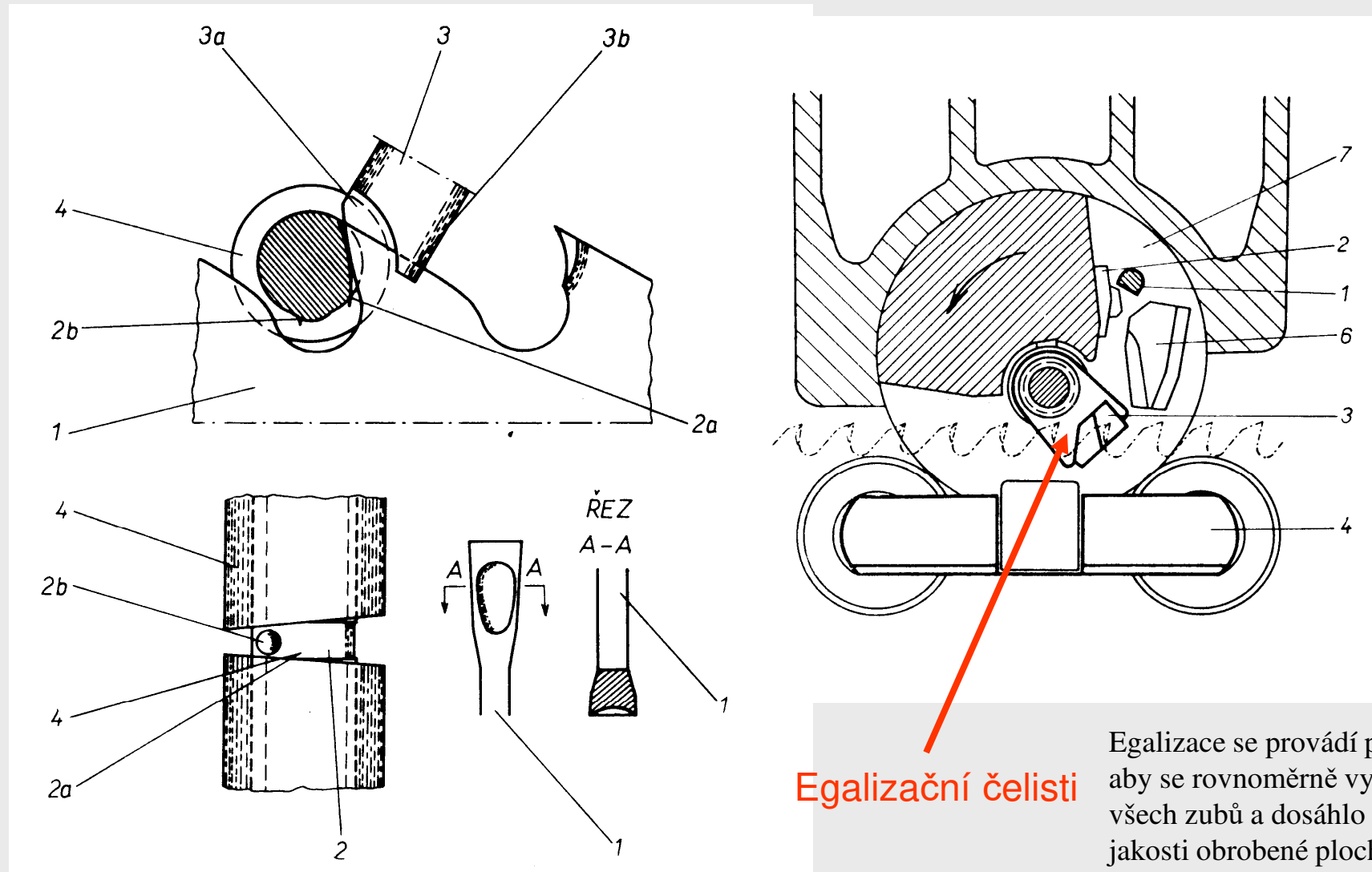


Pneumatická pěchovačka



<http://prislusenstvi-pro-pily.heureka.cz/sawline-165-pneumaticka-pechovacka-pilovych-pasu/specifikace/>

Sjednocení zubů - egalizace



Egalizační čelisti

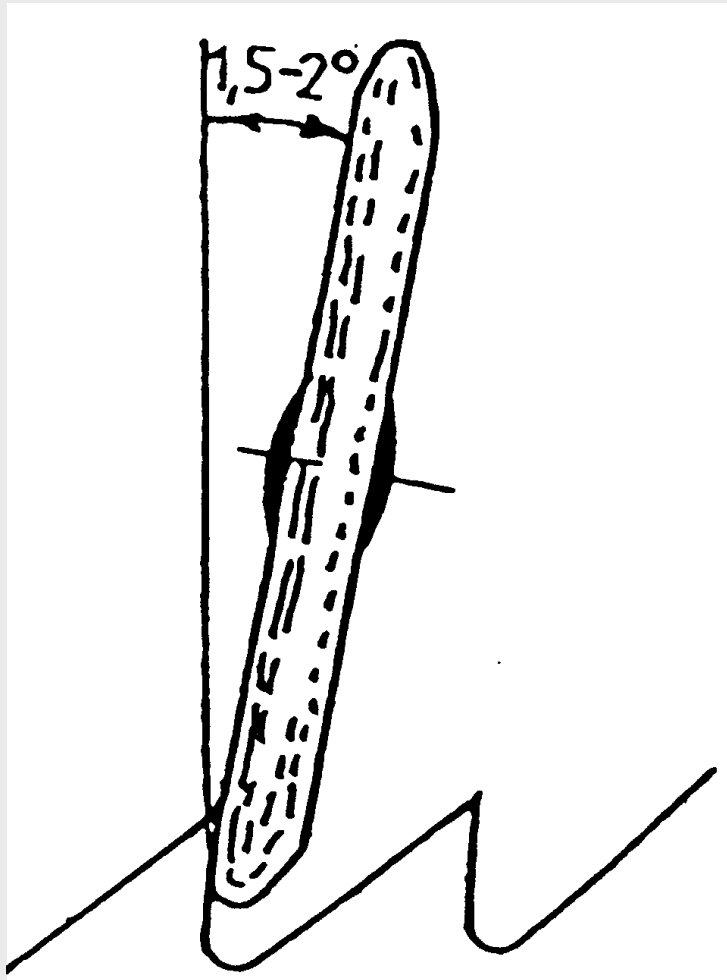
Egalizace se provádí proto, aby se rovnoměrně využilo všech zubů a dosáhlo lepší jakosti obrobene plochy a větší výkonnosti nástroje.

Pozn.: po egalizaci se brousí

E. Ostření – hlavní zásady

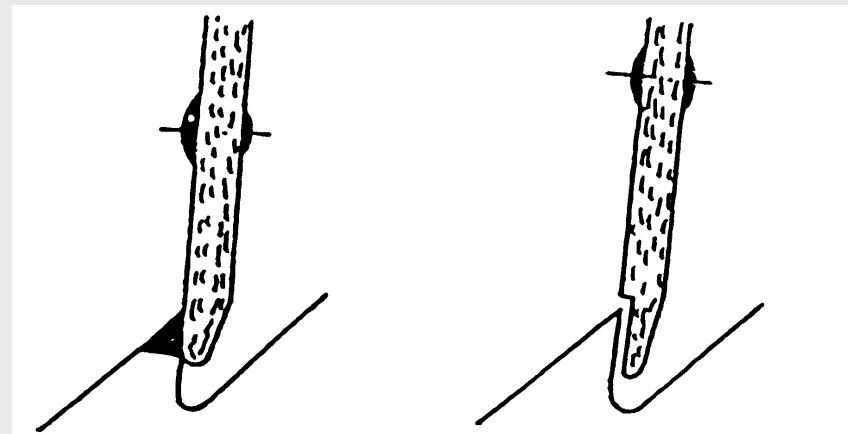
1. Dodržet správný profil zubu (výšku h , rozteč t , zaoblení mezery zubu R a řezné úhly) – pro kontrolu se používají šablony zubu.
2. Hroty zubů musí být na přímce (listy rámových pil, pilové pásy) - kontrola příměrná pravítka nebo úchylkoměry.
3. Osa rotace brousícího kotouče musí být nad středem tloušťky listu.
4. **Plocha brousícího kotouče musí svírat s čelem zubu úhel 2 až 5°.**
5. **Tloušťka odebírané vrstvy při jednom průchodu brusu se volí 0,05 až 0,1 mm - nástroj se přebroušuje min. 2 – 3x.**
6. **Zuby nesmějí být „zamodralé“ – přehřívání břitu zubu při větších úběrech.**
7. Ostření musí končit jemným přísuvem (0,01 až 0,02 mm) tak, aby jehla na břitu byla co nejmenší.

Broušení čela zuby



- Nejběžnější chybou při broušení čela zuby je jeho přehřátí, projevující se zamodráním (shořením) ostří a vytvořením trhlinek.
- Aby k tomuto nedocházelo, je nutné brusný kotouč od roviny čela odklonit o cca 1,5 až 2° a odebírat velmi tenkou třísku tak, aby se naostřilo boční ostří zuby

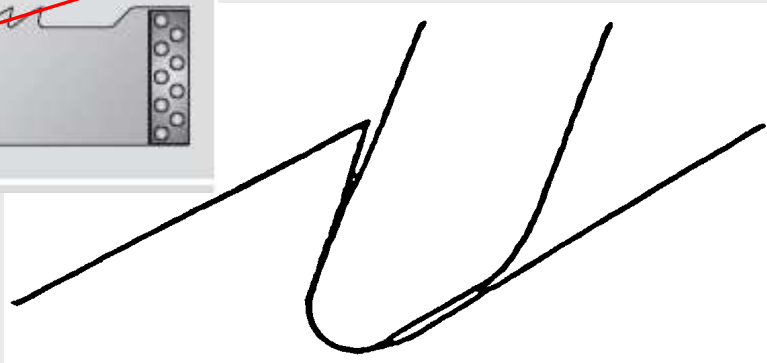
**Paradoxní otupování
ostří vytvořenou
přehřátí ostří hranou na brusném
kotouči**



Broušení zubové mezery

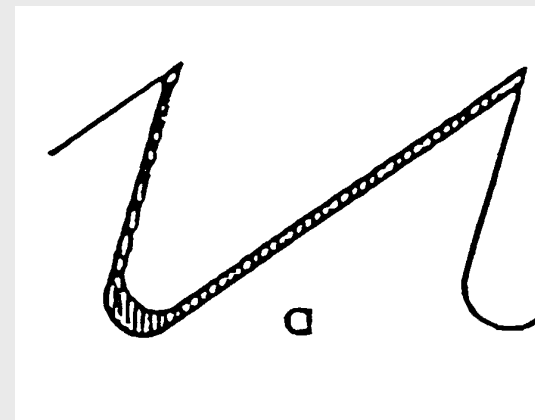


Vznik trhlinek

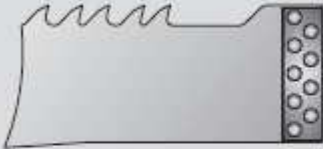
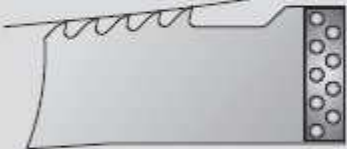



- Brusný kotouč by měl mít větší tloušťku, alespoň 2 násobek poloměru zubové mezery. Čím je tloušťka brusného kotouče větší tím lépe udržuje svůj oblý tvar.
- Pozor na velké úběry, hrozí nebezpečí přehřátí a místní překalení → zdroj trhlinek

- Broušením zubové mezery zachováváme správný tvar zubu – jeho výšku a nástrojové úhly, zejména úhel hřbetu a břitu.
- Podmínkou je, aby tloušťka třísky při broušení v zubové mezeře byla cca 2,5x větší než na hřbetu, viz. obr. a.



Vady při ostření

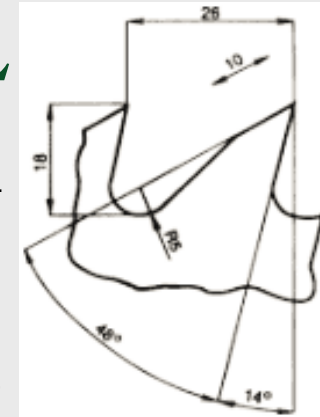
VADA	PROJEVUJE SE	PRAVĚPODOBNÁ PŘÍČINA
<p>Nejstejná rozteč zubů</p> 	<ul style="list-style-type: none">» vlnitý řez, pilový list v řezu nestabilní, neodhadnutelné chování listů» ulamování zubů při rychlejším posuvu» rychlejší otupování zubů	<ul style="list-style-type: none">» podávací lišta v brusce je opotřebovaná» upínací zařízení brusky je opotřebované nebo nefuguje správně
<p>Špičky zubů nejsou v přímce</p> 	<ul style="list-style-type: none">» nerovnoměrné zatížení zubů při řezání» zhoršená kvalita povrchu	<ul style="list-style-type: none">» vodící tyč brusky není správně upevněna ke stroji» vodící tyč brusky je opotřebovaná v místě pod brusným kotoučem nebo je prohnutá» nedbalé upínání listu do brusky
<p>Spálené zuby</p> 	<ul style="list-style-type: none">» praskání zubů, praskání v zubových mezerách» ulomení hrotu s částí zubu	<ul style="list-style-type: none">» příliš pomalý posuv při broušení vzhledem k otáčkám kotouče» příliš velký úběr při broušení» zvolený příliš tvrdý kotouč

Automatická ostříčka pilových listů OPL



Plně automatizovaná ostříčka pilových listů OPL je určena pro přímé broušení pilových listů strojních rámových pil na dřevo s roztečí zubů

t = 22, 25, 26, 32 mm (dle požadovaného modulového hřebene). Počet cyklů broušení je nastavitelný pomocí předvolby v počtu 1 -10 s přídatkem dvou cyklů, které jsou egalizační. Přísuv brusného kotouče je automatický pro každý cyklus (mimo egalizačních). Ostříčka je seřízena pro broušení pilových listů o tloušťce **a = 2 a 2,2 mm**.



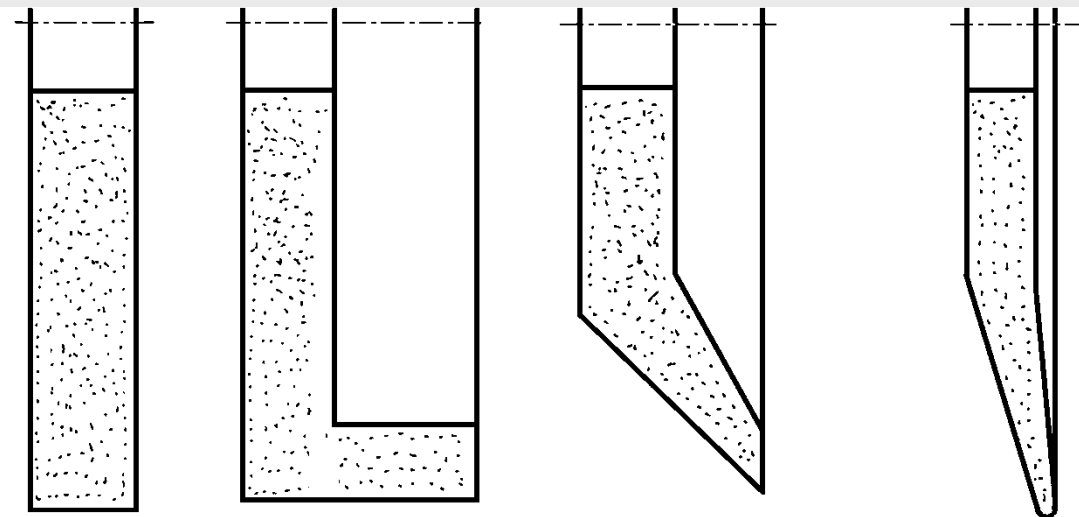
Technické údaje:

- Délka broušeného ozubení do 1600mm
- Tvar zubů trojúhelníkový, vlčí, oblý
- Úhel čela 0° - 30°
- Rychlost posuvu 0 - 77 zubů/min(s možností přestavení za chodu stroje)
- Nastavitelná velikost přísuvu 0,03 - 0,15 mm
- Pracovní zdvih hlavy do 50 mm
- Max. Ø brusného kotouče 250 mm
- Doporučený typ brusného kotouče: 250 x 10 x 32 ([jakost A99 B 25L 9V typ 539 512 545](#) (tavný oxid hlinitý - bílý kotouč, střední zrnitost a tvrdost, pórovité keramické pojivo)

Univerzální automatická ostříčka OPK při broušení pilového pásu



Čím brousíme?



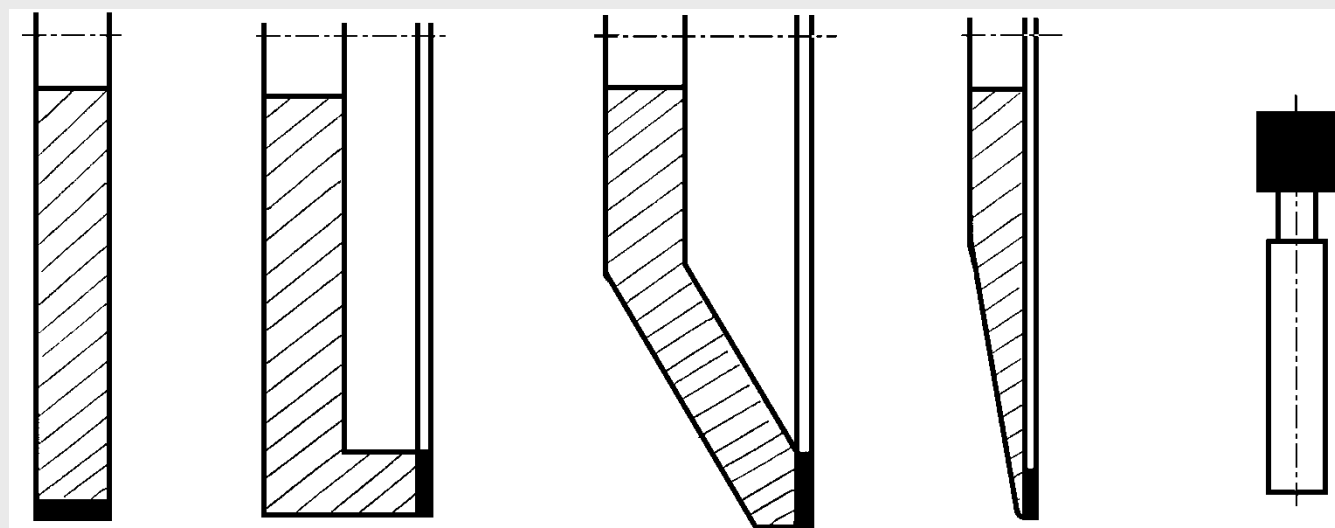
Ploché

Hrncovitý

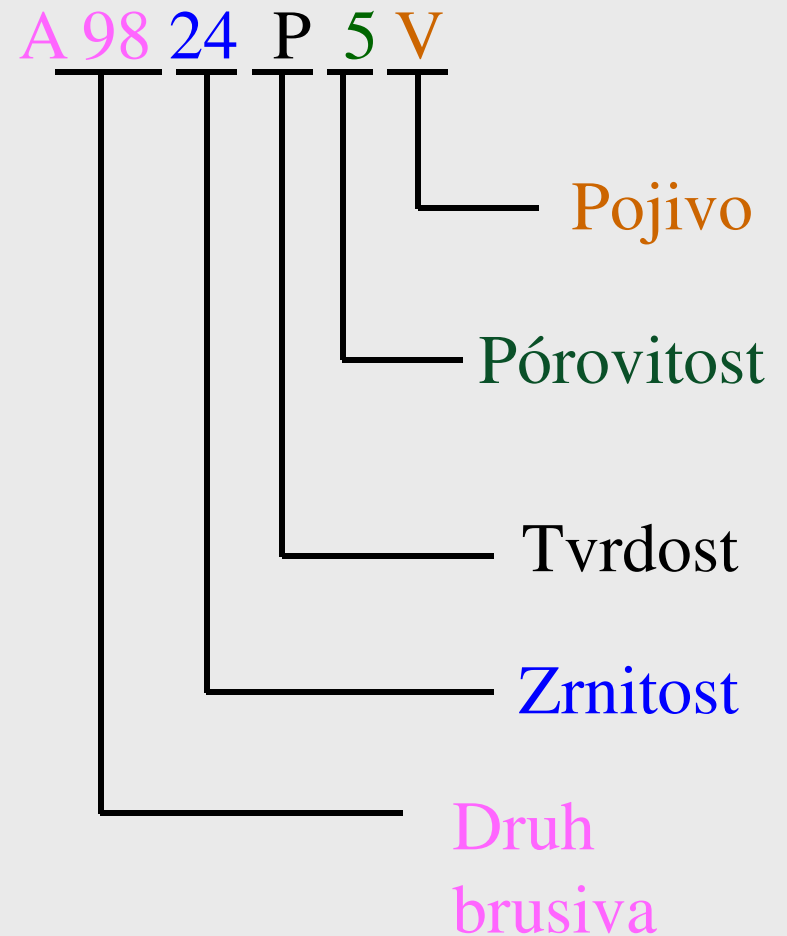
Miskovitý

Talířovitý

Brusné tělísko



Značení brusných kotoučů



Elektrokorund		
<p>(umělý korund) (Al₂O₃)</p> <p><i>Získává se tavením látek bohatých na bauxit v elektrických pecích.</i></p> <p><i>Vhodné k broušení nástrojových a rychlořezných ocelí.</i></p>	hnědý	A 96
	růžový	A 98
	červený	A 99
	bílý	A 99B

Karbid křemíku		
Ostření vidiových vrtáků (slnutých karbidů)	zelený	C 49
	černý	C 47

Sloučenina křemíku s uhlíkem (SiC), která je vyráběna v elektrických pecích při teplotách 2100°C až 2200°C.

Výchozí surovinou je křemenný písek a látky obsahující uhlík (koks a antracit).

Zelený - obsahuje 97 % SiC je tvrdší, ale méně houževnatý, vhodný na **ostření nástrojů ze SK (vidiových vrtáků)**

Černý - má černou nebo tmavomodrou barvu a kovový lesk. Obsahuje minimálně 95 % SiC. Používá se na broušení kovů s malou pevností v tahu.

Kubický nitrid bóru		
Vhodný k broušení stelitů.	KNB	Boronit, Borazon

Velmi tvrdý materiál obsahující 43,6 % bóru a 56,4 % dusíku. Kubická mřížka KNB je podobná mřížce diamantu (kostka), ale v mřížce jsou atomy bóru a dusíku. Rozměry mřížky jsou o něco větší než u diamantu, čím se vysvětluje menší tvrdost v porovnání s diamantem.

KNB vzniká při tlaku 300 - 980 MPa a teplotě 2000°C.

Obchodní názvy brusných nástrojů z KNB (Borazon – Rusko, Elbor - Náradí Praha, Kubonit - Ukrajina, Boronit - Pramet Šumperk).

Zrnitost

Druh	Číslo zrna	Měrný rozměr zrna [μm]		Použití (informativně)
		od	do	
Brusná zrna hrubá	4	5 000	4 000	Ve zvláštních případech
	6	4 000	3 150	
	8	3 150	2 500	
	10	2 500	2 000	
	12	2 000	1 600	
	14	1 600	1 250	Hrubování
	16	1 250	1 000	
	20	1 000	800	
	24	800	630	
	30	630	500	
36	500	400		
Brusná zrna střední	46	400	315	Strojní části, ostření nástrojů
	60	315	250	
	70	250	200	
	80	200	160	
	100	160	125	
	120	125	100	
Brusná zrna jemná	150	100	80	Předhlazení
	200	80	63	
	240	63	50	
	280	50	40	
	320	40	32	
Mikrozrna	M32	32	32	Dohlazení, konečné lapování
	M22	22	15	
	M15	15	10	
	M10	10	7	
	M7	7	5	Ve zvláštních případech
	M5	5	3	
	M3	3	—	

Zrna číslo 4 až 320 jsou tříděna síty, zrna M32 až M3 plavením.

- Zrnitost je popsána jako číslo udávající počet ok síta na jeden čtverečný palec (25,4 x 25,4 mm), kterým ještě brusivo při prosívání propadne.
- Tedy čím větší číslo, tím je hustší síto a tím jemnější je brusivo.

Tvrdot kotouče

- Tvrdotí brusných nástrojů se rozumí odpor, který klade pojivo proti uvolnění jednotlivých brusných zrn z nástroje.
- Volí se podle druhu broušeného materiálu a způsobu broušení. **Brusný kotouč** se volí tím **měkčí, čím tvrdší je broušený předmět** a čím větší je styčná plocha brusného kotouče s broušeným předmětem.

TVRDOST	velmi měkká	G, H
	měkká	I, J, K (na HSS)
	střední	L, M, N, O
	tvrdá	P, Q, R, S
	velmi tvrdá	T, U
	zvlášť tvrdá	V, W, Z

Pórovitost

- Pórovitostí se rozumí hutnost brusných nástrojů, tj. **objem pórů v % k celkovému objemu.**
- Pórovitost brusných nástrojů je **označována pořadovými čísly 1 až 13.**
- Pórovité kotouče mají velké prostory mezi zrny, nezanášejí se a dobře se chladí, protože přijímají mezi zrna řeznou kapalinu.

Označení	Struktura	Objem pórů [%] (± 4 %)
1 2	velmi hutná	3 8
3 4	hutná	13 18
5 6	polohutná	23 28
7 8	pórovitá	33 38
9 10	velmi pórovitá	43 48
11 12 13	zvlášť pórovitá	53 58 63

Pojivo

Druh pojiva	Označení podle ČSN 22 4010	Složení	Použití
Keramické	V	Směsi různých křemičitanů	Základní pojivo normálních kotoučů s výjimkou prořezávacích
Silikátové	S	Alkalické křemičitany	Omezené použití, např. pro měkké tvarové kotouče nebo drobné nástroje
Magnezitové	O	Cementové pojivo z magnezitu aj.	Omezené použití pro méně přesné broušení
Přírodní šelak	E	Organická látka	Menší pevnost než bakelit. Nástroje na ozubení apod.
Pryž	R	Vulkanizovaná s přísadkou síry	Pro velké rychlosti, hladký povrch obráběný
Umělé pryskyřice	B	Například bakelit	Po keramickém nejdůležitější pojivo. Vhodné pro broušení závitů a pro nárazové broušení
Kovové	—	Slitiny mědi, lehké kovy, litina aj.	Pro diamantové kotouče

Pojivo **pryžové (R)** se využívá pro výrobu velmi tenkých řezacích a drážkovacích kotoučů, kotoučů pro ostření pilek a pod. Jeho elasticity se využívá při výrobě kotoučů leštících.

Magnezitové pojivo (O) se používá pro výrobu kotoučů na ostření nožů a pilových kotoučů velkých průměrů. Mimo toho se používá pro výrobu různých druhů tvarových segmentů určených pro broušení nekovových materiálů (kameniny a pod.).

Zásady bezpečnosti práce s brusnými kotouči

1. Kontrolovat **prohnutí kotouče** (vizuálně, poklepem podle zvuku).
2. Kotouč **nesmí být** přírubami **příliš sevřený**.
3. Pod kovové příruby je třeba **vložit papírové podložky**.
4. Průměr upínacích **přírub** volit **cca 1/3 průměru kotouče**.
5. Po namontování kotouče je nezbytný **ověřovací běh naprázdno**.
6. Obvodová rychlost **$10 \div 25 \text{ m.s}^{-1}$** .
7. **Axiální házení** brusného kotouče **$< 0,005 \text{ mm}$** .
8. **Radiální házení** **$< 0,01 \text{ mm}$** .
9. Kotouč volit podle zásady: **čím tvrdší materiál, tím měkčí kotouč**.
10. Kotouč **pravidelně obtahovat**.
11. Kotouče **nechejte** po celou dobu jejich životnosti **na stejném brusném trnu**.
12. Při ostření bez chlazení (za sucha) **zajistěte dostatečné odsávání**.

2. Péče o pilové pásy



Provoz v Německu

<http://www.youtube.com/watch?v=5UYuMTltBh0&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=ZI-wcB6ITSk>



Technicko - technologické parametry kmenové pásové pily:

Průměr pásnice –
1400 až 1800 mm

Řezná rychlost

$v_c = 0$ až $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Podávací rychlost

$v_f = 0$ až $120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$

Zpětný chod

až **$210 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$**

Výška řezu

700 až 1200 mm

Šířka řezné spáry

$b = 2,4 \div 2,8 \text{ mm}$

Pásová pila byla navržena a patentována v roce 1808, byla původně navržena jako stroj truhlářský. První provozuschopná pásová pila byla však postavena až 1852 ve Francii a kmenová pásová pila pro pořez výřezů byla zkonstruována až o několik let později.

Truhlářská pásová pila

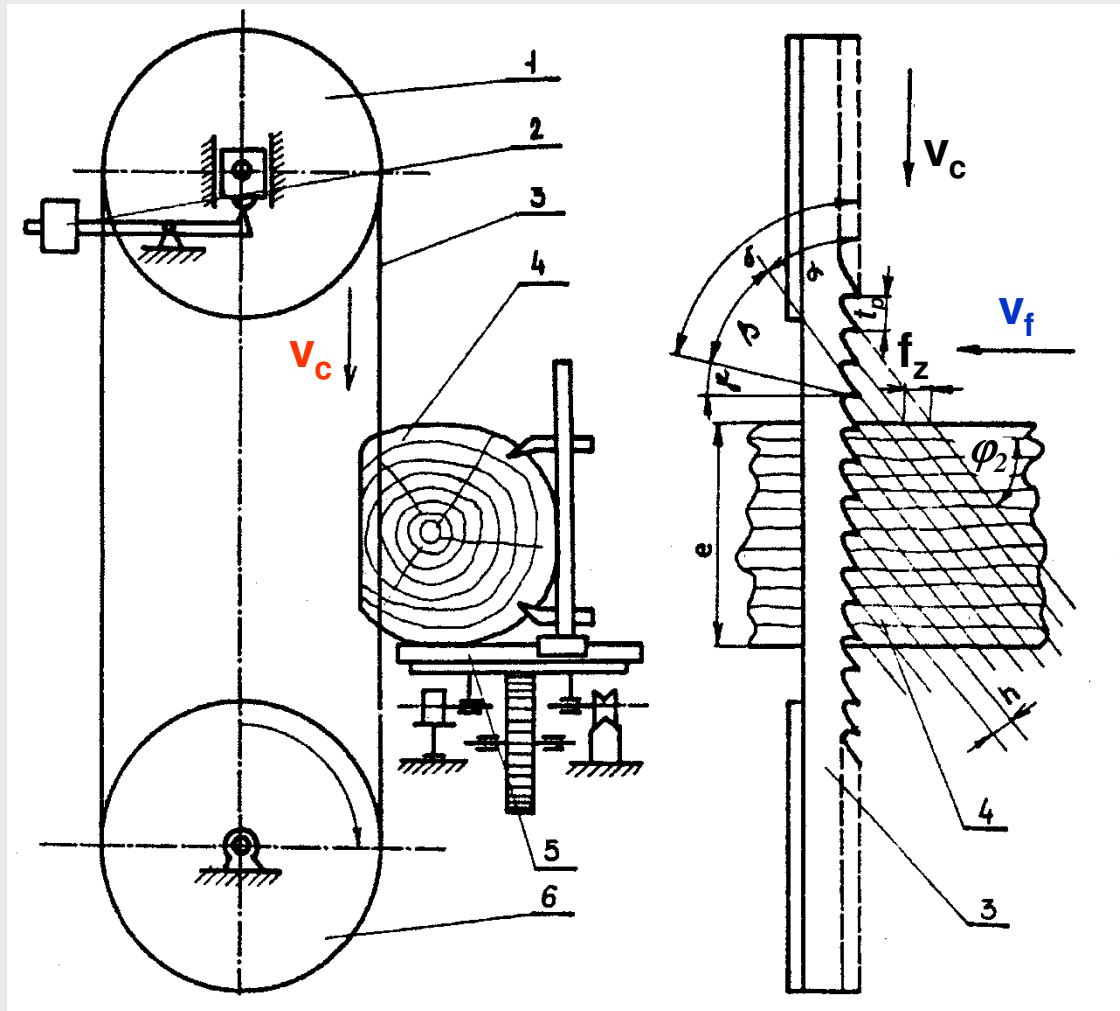


Holzcraft® Pásová pila na dřevo HBS 633 S

S laserovým ukazatelem linie řezu
Stabilní konstrukce z oceli a šedé litiny
Tichý a přesný chod díky konstrukci stroje odolné vůči zkroucení
Setrvačníky z šedé litiny se speciální povrchovou vrstvou na styčných plochách
Boční kontrolní okénko ke kontrole chodu pilového pásu
Přední kontrolní okénko pro ukazatel napnutí pilového pásu
Rychlé upínání pilového listu pomocí výstředníkové páky
Přesné vedení pilového pásu nahoře a dole
Rychlé přestavení výšky řezu pomocí otočného knoflíku a ozubené tyče s milimetrovou stupnicí
Velký hliníkový rovnoběžný doraz s výstředníkovým rychlým upínáním a lupou
Bezpečnostní spínač pro automatické vypnutí při otevření dveří



Schéma kmenové pásové pily



Při řezání pásovou pilou je mezi dvěma kotouči napnut pilový pás, který se pohybuje konstantní řeznou rychlostí v_c , takže tloušťka třísky h se nemění.

- 1 – horní pásnice
- 2 – napínací mechanismus
- 3 – pilový list
- 4 – výřez
- 5 – podávací vozík
- 6 – spodní pásnice

Názvosloví a základní rozměry

Tloušťka pásu a

je v rozmezí 1,2 až 1,9 mm

Empiricky podle Fencla nesmí překročit hodnotu kvůli dovolenému ohybu

$$a = 0,001D - 0,1 \quad [\text{mm}]$$

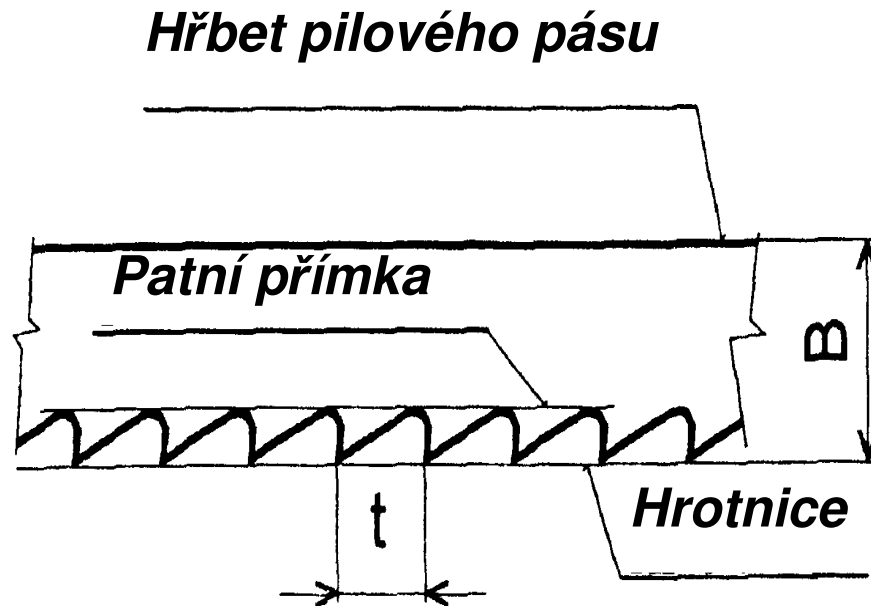
Rozvod S_1

je volen v rozmezí

0,4 až 0,6 mm

(platí pro měkké i tvrdé dřeviny)

Pěchované zuby –
rozpěchování na jednu stranu 0,3 až 0,7 mm



Šířka pásu B

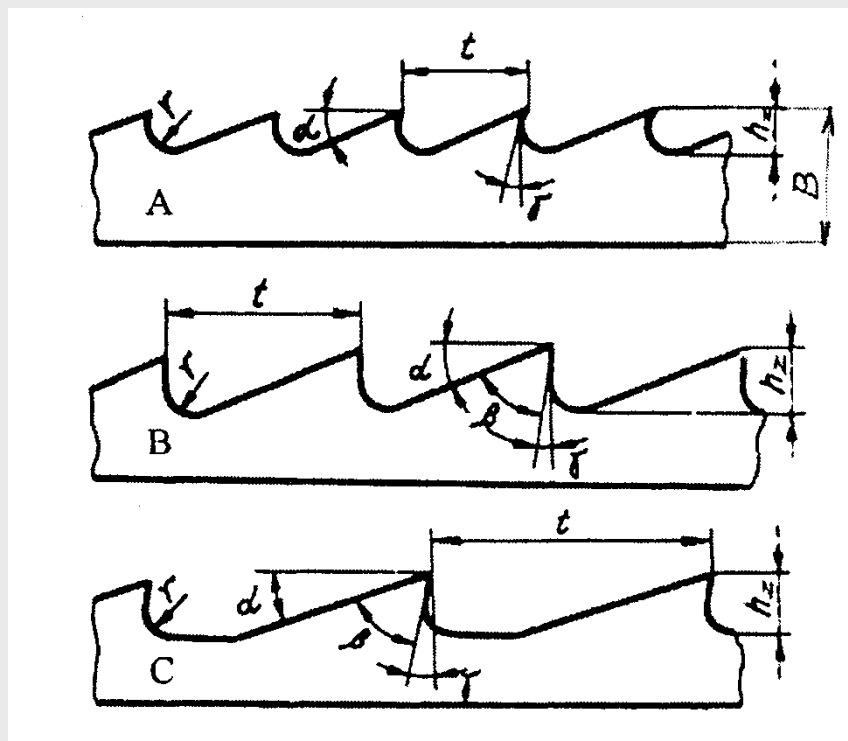
je v rozmezí 80 až 200 mm

Rozteč t_p

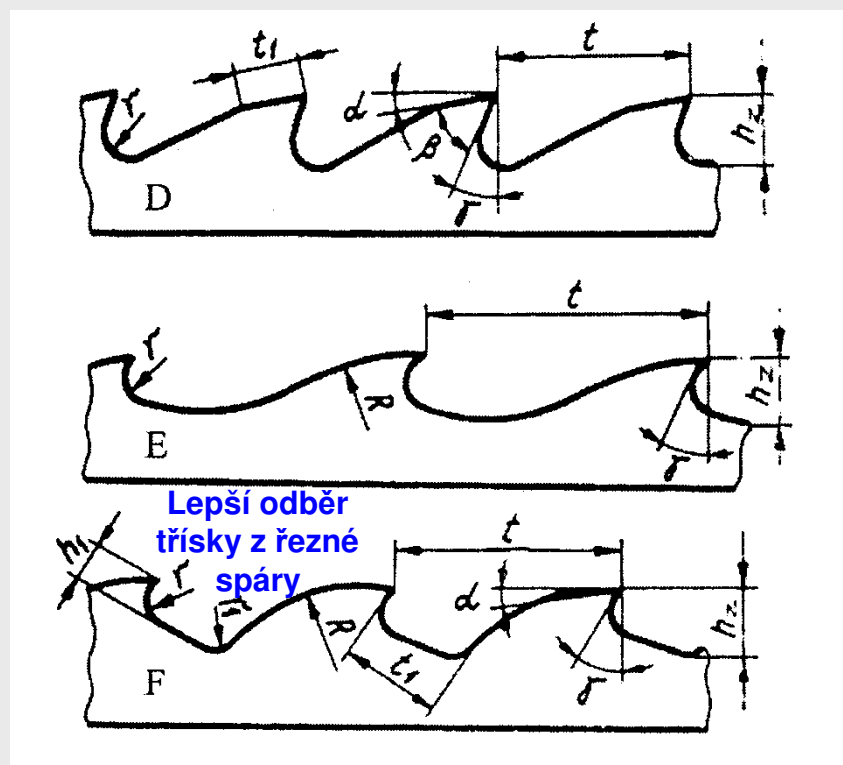
je v rozmezí 20 až 50 mm

Materiál (velmi často je používána pásková ocel vhodná ke kalení 80NiCr11 podle DIN 1.2705 o tvrdosti 43 ± 2 HRC a pevnosti v tahu 1430 MPa, C – 0,74 až 0,8%, Cr – 0,2 až 0,5%, Ni – 2,4 až 2,9%)

Tvary a rozměry nástroje



- A** – zuby trojúhelníkové nesouměrné (stolařské pásové pily)
- B** - zuby trojúhelníkové nesouměrné (kmenové pásové pily)
- C** - zuby trojúhelníkové nesouměrné s prodlouženou zubovou mezerou (kmenové a rozmítací pásové pily)



- D** – zuby vlčí s lomeným hřbetem (kmenové a rozmítací pásové pily)
- E** – Zuby vlčí s oblým hřbetem a prodlouženou zubovou mezerou (kmenové a rozmítací pásové pily)
- F** - Zuby vlčí s oblým hřbetem a prodlouženou spodní částí zubu (kmenové a rozmítací pásové pily)

Parametry pilových pásů

Tvar zubu	Délkové parametry (mm)				Úhlové parametry (°)		
	B	a	t	h_z	α	β	γ
A ČSN255340	6-50	0,5-0,9	4-12	1,8-5,4	30	50	10
B ČSN2553443	80-200	1,1; 1,2; 1,4; 1,6	30; 35; 40	13,5; 16; 18	25	50	15
C ČSN2553444	80-200	1,1; 1,2; 1,4; 1,6	30; 40; 50	10; 12; 14	25	50	15
D podle Grigorova	80-200	-	35-40	11-13	8-18	-	15-32
E podle Grigorova	80-200	-	40-60	12-22	8-16	-	20-30
F podle Grigorova	80-200	-	40-50	16	8-12	-	20-32

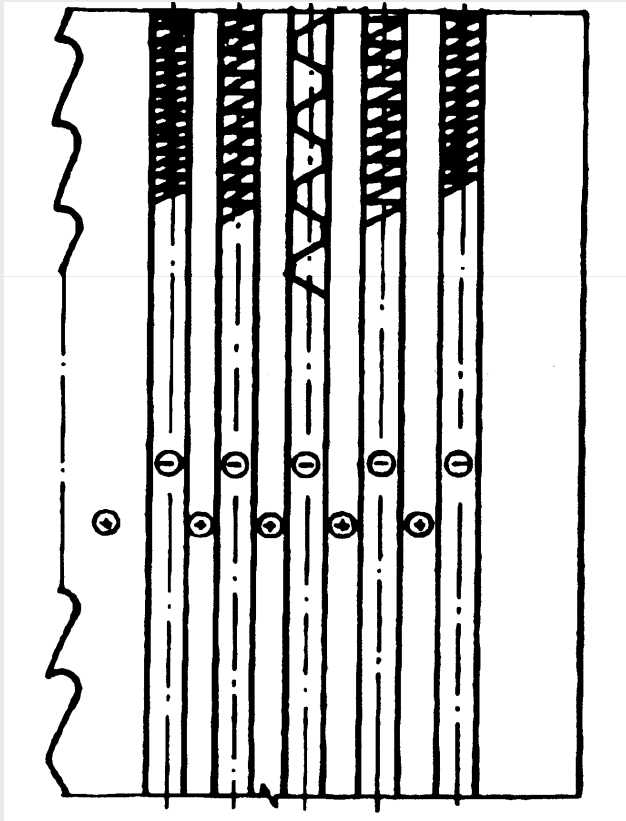
Požadavky na provoz pilového pásu

1. Řezná hrana musí být tuhá a po dobu řezu stabilní.
2. Řezná hrana si musí zachovat tuhost i při tepelné dilataci pásu během řezání.
3. Pilový pás musí odolat tlaku od výřezu účinkem posuvné síly a nesmí být shozen z pásnice.

Tyto požadavky zabezpečí správné napnutí pásu, který má provedenu úpravu vnitřního pnutí válcováním. Předpokladem je také bombírovaná a předkloněná napínací pásnice.

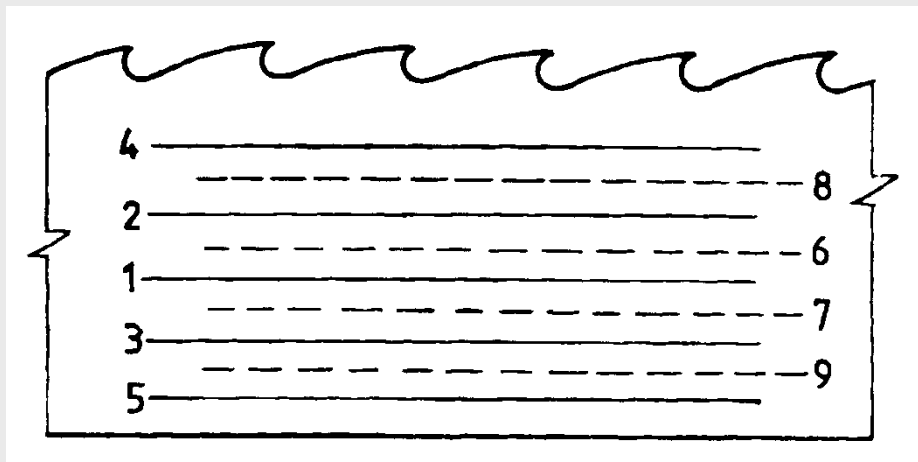
C. Úprava vnitřního pnutí válcováním

Válcováním docílíme vytužení pilového pásu, přičemž se upraví vnitřní pnutí v materiálu tak, aby pilový pás po napnutí co „nejlépe dosedl“ na povrch pásnic, jeho řezná hrana byla dobře napnuta a nedocházelo k zabíhání pásu při řezu. Provádí se válcovacími hlavicemi na válcovačkách.



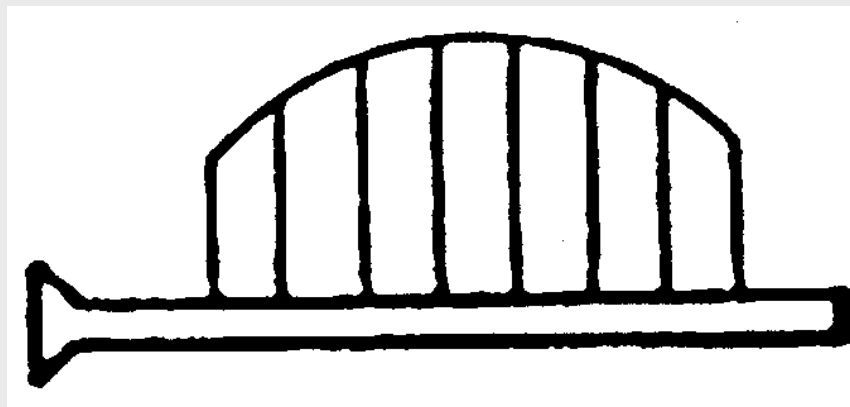
- Účinek plastických deformací po válcování je možné přirovnat k účinku různě stlačených pružin (oblasti \ominus), které „okolní materiál pásu natahují a způsobují kladná tahová napětí \oplus , která jsou největší v řezné a zádové části pásu.
- Z hlediska šířky pásu, obvodu pásnic a jejich případného naklápění je nejčastěji používán symetrický způsob válcování o různé intenzitě.

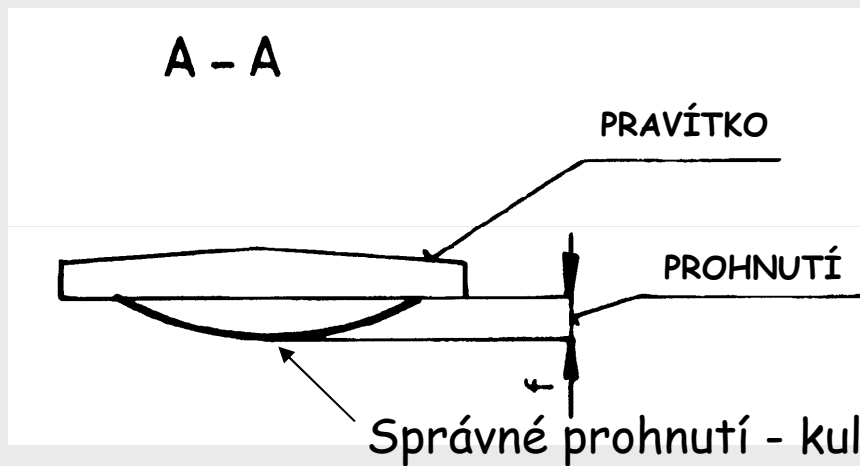
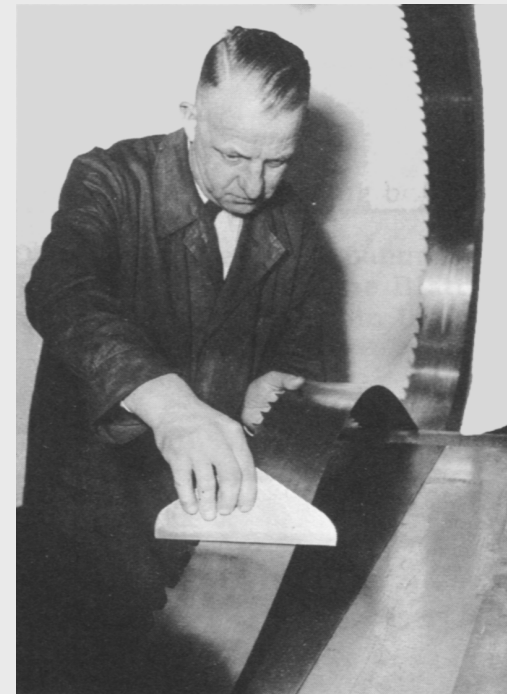
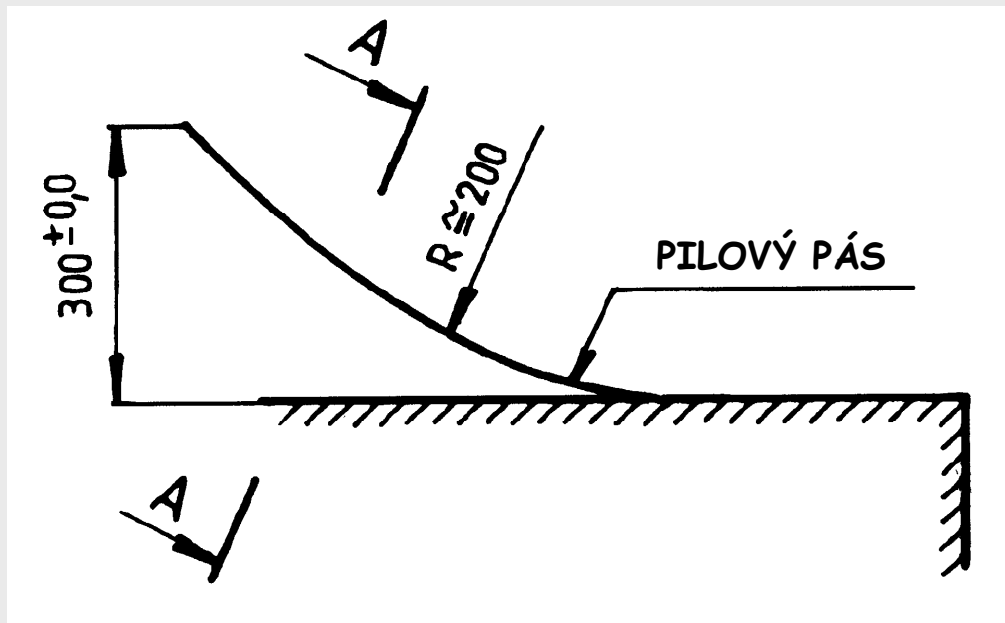
Symetrické válcování



- Válcování začíná ve středu pásu nejvyšší silou, následně napravo a nalevo od středové linie se snižujícím se tlakem
- Po skončení válcování z jedné strany se pás otočí a válcuje se na druhé straně mezi liniemi z první strany

Rozložení válcovacích sil (tlaků)





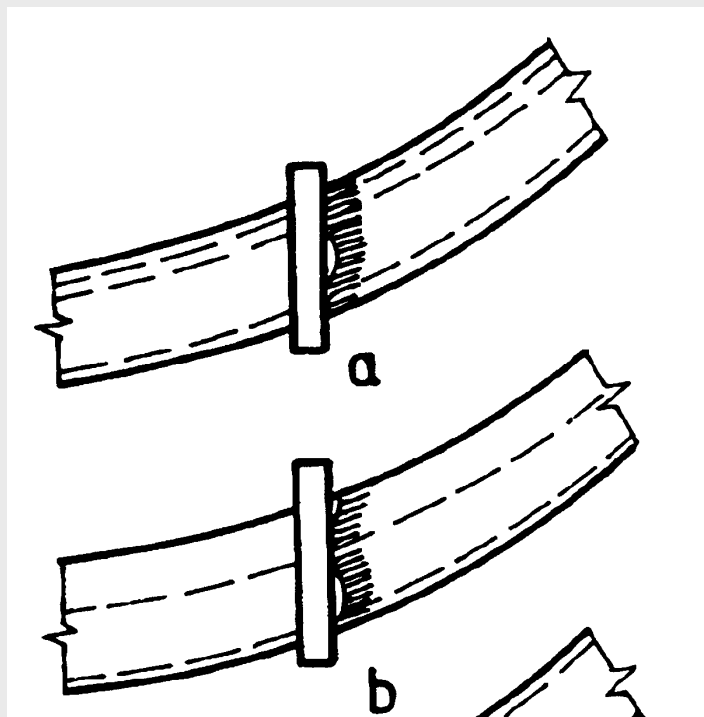
Doporučené hodnoty světelné štěrbiny:

$b < 200 \text{ mm} \rightarrow 0,5 \text{ mm}$

$b > 200 \text{ mm} \rightarrow 0,8 \text{ mm}$

Chyby při vytužení pilového pásu

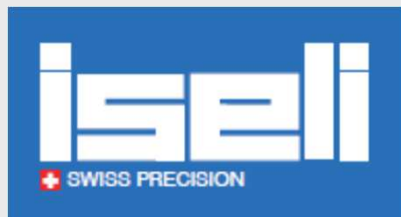
Při válcování může bohužel dojít k nesouměrnému rozložení předpětí. Chyby se odstraňují válcováním v místech naznačených čárkovanou čarou.



a,b – nesouměrné rozložení předpětí při nesprávně volené přitlačné síle v jednotlivých stopách nebo jejich vzdálenosti
čárkovaně naznačeno opravné válcování

Poznámka: místní nerovnosti se odstraňují podobnými postupy jako u pilových listů vyklepáváním nebo místním válcováním.

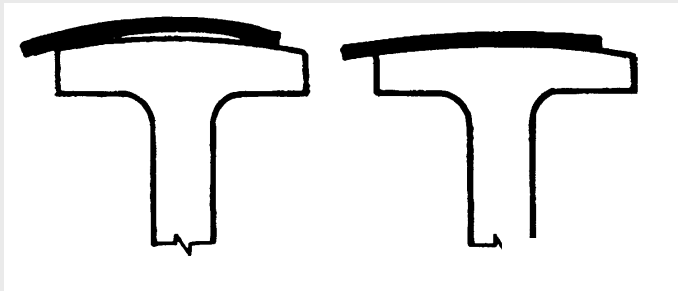
Automatický vyrovnávací stroj pro pilové pásy



Napínání pilových pásů

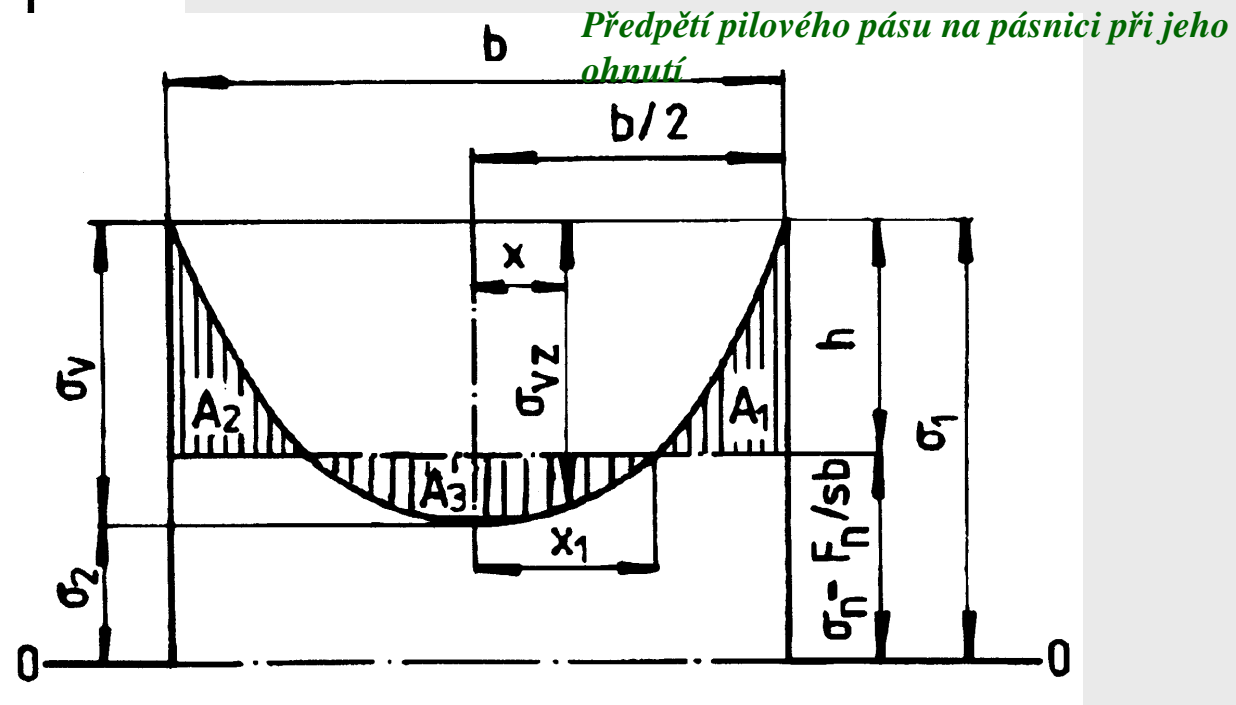
Před napnutím

Po napnutí



Při ohybu pilového pásu na pásnici a jeho napnutí předepsanou silou F_n , bude tahové napětí ve středové části σ_2 podstatně menší než napětí σ_1 na krajích - pás si dobře sedne na bombírovanou pásnici a řezná část bude velmi dobře vytužena.

Velikost napětí σ_1 v krajních částech má dostatečnou velikost pro dobré vytužení řezné části (až 120 MPa)



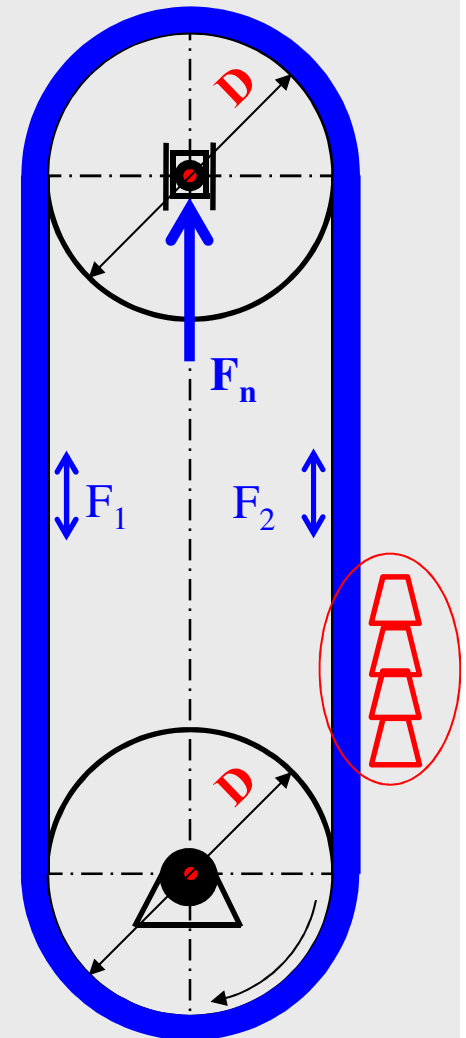
Napětí od napínací síly

Pilový pás se napíná zásadně v klidu, tj. stojí a neřeže. Spodní pásnice je pevná a horní se pohybuje ve vertikálním vedení. Horní pásnice je napínaná mechanicky (pákovým systémem, pružinami, šroubem a maticí) nebo hydraulicky.

Po napnutí bude tahové napětí v pilovém pásu dané vztahem:

$$\sigma_{t(Fn)} = \frac{F_n - m \cdot g}{2 \cdot a \cdot (B - h)}$$

$$\sigma_{t(1,2)} = \frac{F_1}{a \cdot (B - h)} = \frac{F_2}{a \cdot (B - h)}$$



Potřebná síla na napnutí pilového pásu

$$F_n = 2 \cdot \sigma_{t(F_n)} \cdot a \cdot (B - h) + g \cdot m$$

kde:

m hmotnost horní pásnice [kg]

a tloušťka pilového pásu [m]

B celková šířka pilového pásu [m]

h výška zubu [m]

$\sigma_{t(F_n)}$ napětí v pásu od napínací síly [MPa]

Lisičan, J. : $\sigma_t = (60 \div 70)$ MPa

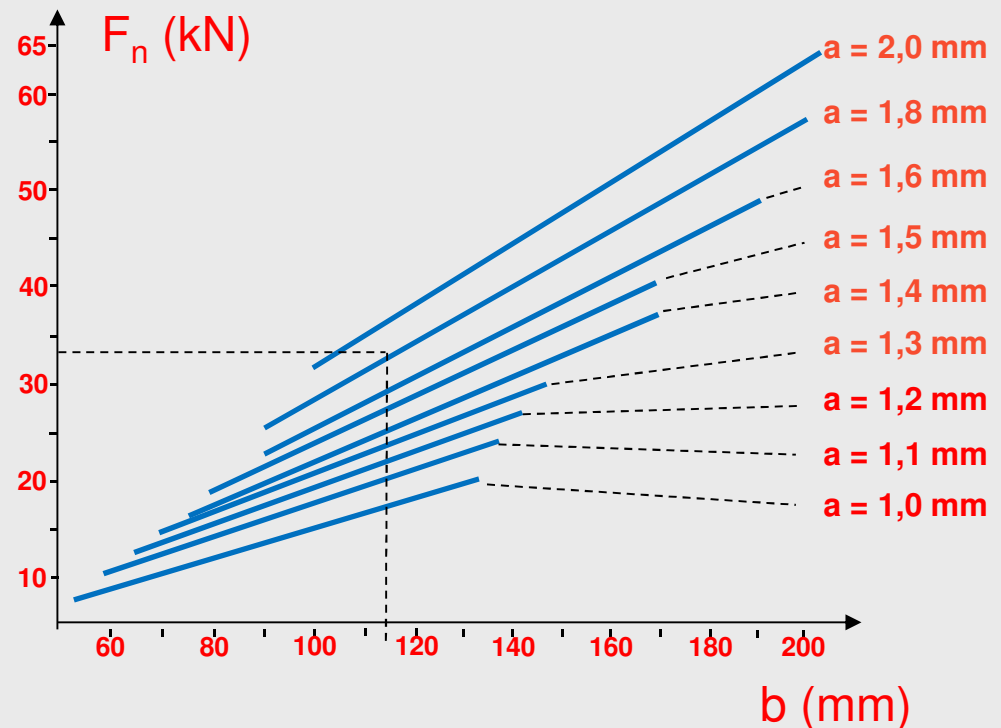
Thunell, B.: $\sigma_t = (\sim 120)$ MPa

Pahlitzsch, G.: $\sigma_t = (\sim 80)$ MPa

Hokoischi : $\sigma_t = (70 \div 100)$ MPa

Sugihara, H. : $\sigma_t = (70 \div 100)$ MPa

Feokistov, A.E.: $\sigma_t = (60 \div 80)$ MPa



Napětí od odstředivé síly

Odstředivá síla je definována vztahem:

$$dF_o = dm \cdot \frac{v^2}{R}$$

Po jejím řešení a dosazení za elementární hmotnost pásu a řeznou rychlost můžeme vyjádřit vztah pro dynamické namáhání pásu v jedné větvi:

$$F_d = \rho \cdot S \cdot v_c^2 \quad [N]$$

kde:

v_c ... řezná rychlost [m.s⁻¹]

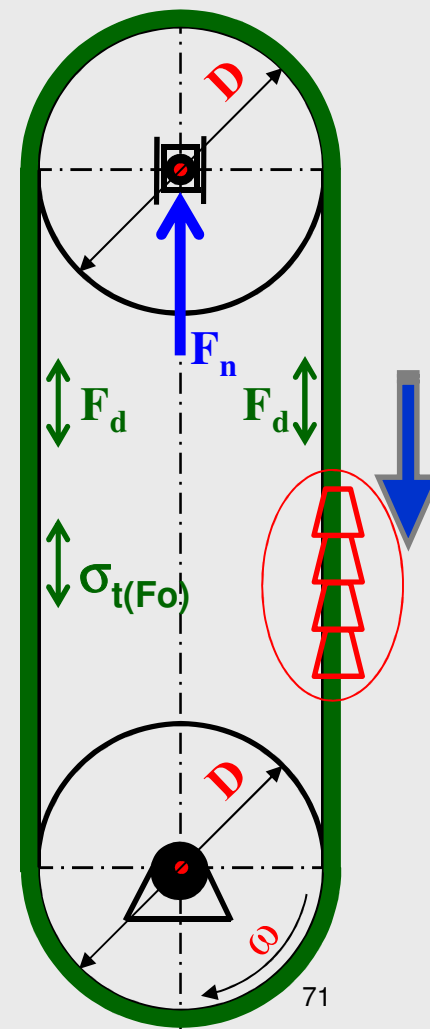
ρ ... hustota materiálu pásu [kg.m⁻³]

S ... plocha průřezu pásu [m²] $S = b \cdot a = (B - h) \cdot a$

$$\sigma_{t(F_o)} = \frac{F_d}{S} = \frac{\rho \cdot S \cdot v_c^2}{S} = \rho \cdot v_c^2 \quad [MPa]$$

Napětí dosahuje hodnot (6 ÷ 20) MPa

($\rho = 7,8 \text{ kg.dm}^{-3}$; $v_c = (30 \div 50) \text{ m.s}^{-1}$)



Přídavné napětí v důsledku pásového tření

Poměr sil v pracovní (tahové) F_t^p a volné (odlehčené) větvi pilového pásu F_t^v bude definován podle Eulerova vztahu:

$$\frac{F_t^p}{F_t^v} = e^{f \cdot \varphi}$$

kde:

φ ... uhel opásání řemenice ($\varphi = 180^\circ$)

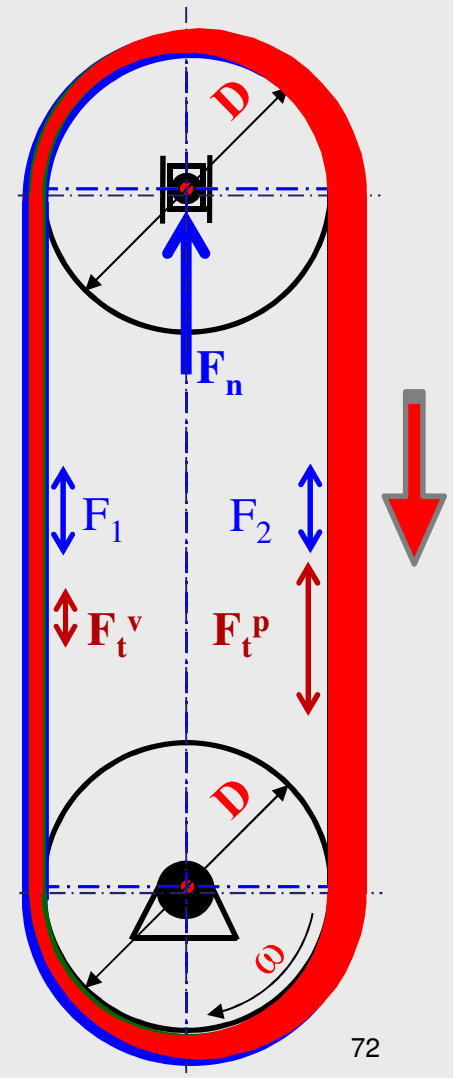
f ... součinitel tření mezi pásnicí a pásem ($f = 0,27$ až $0,39$)

Jestliže součinitel tření mezi pásnicí a pásem bude $f = 0,39$, potom síla a napětí v tahové větvi mají hodnoty:

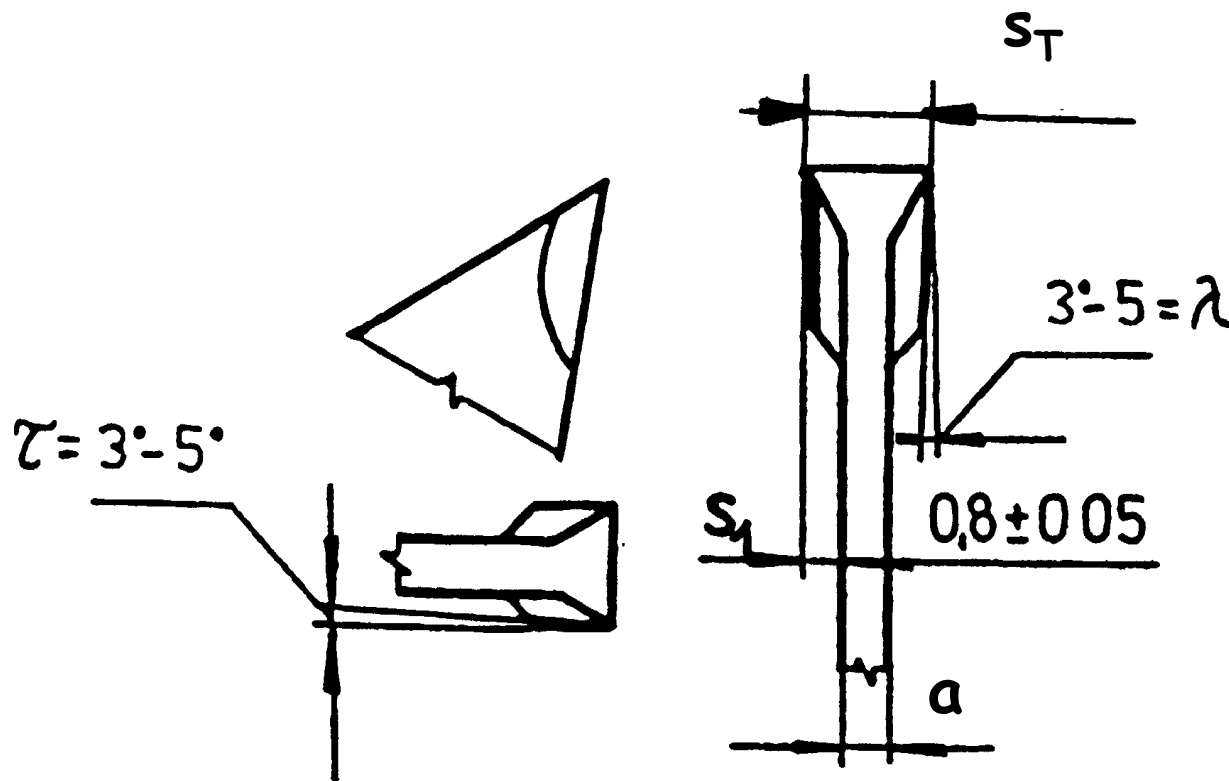
$$F_t^p = 2,99 \cdot F_t^v$$

$$\sigma_t^p = 2,99 \cdot \sigma_t^v$$

Při volbě a napínání pásu je třeba respektovat dovolené napětí materiálu pásu, respektive **pevnost spoje pilového pásu, která je cca (620 ÷ 750) MPa, t. j. (60 ÷ 70) % z pevnosti pilového pásu.**

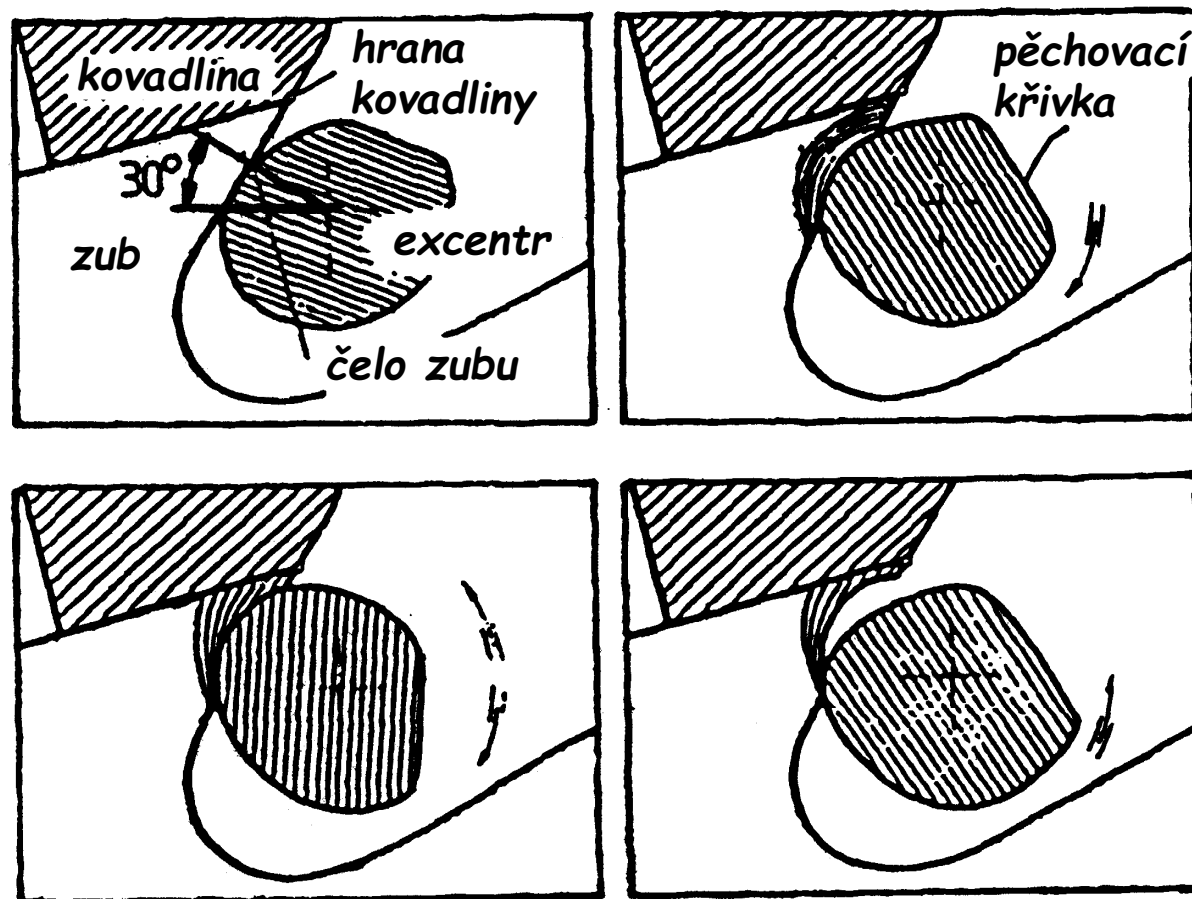


D. Pěchování zubů



- Velikost pěchování je závislá na tloušťce pilového pásu a .
- Obvykle se doporučuje max. $s_1 = 1/2a$.

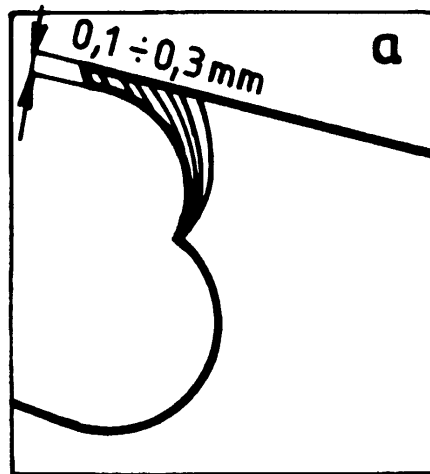
Postup činnosti pěchovacího zařízení



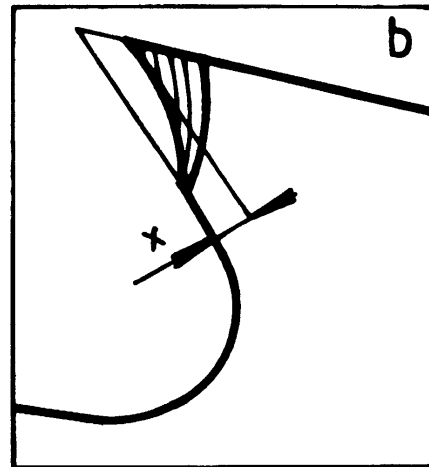
Požadovaný tvar rozpěchování zubu je determinován vzájemnou polohou kovářiny, pěchovacího excentru a zuby.

Rozpěchování zubu v závislosti na poloze excentru

Rozpěchování pod
obrysem ostří



Rozpěchování až k
obrysu ostří

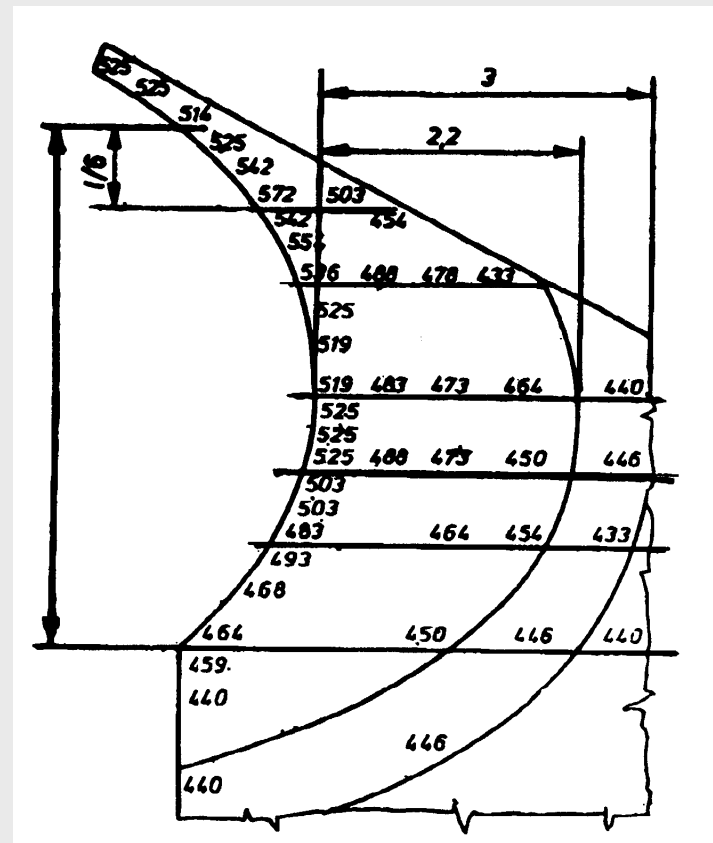


*Tvar, hloubka i výška
rozpěchování čela zubu jsou
měnitelné podle počáteční
polohy excentru.*

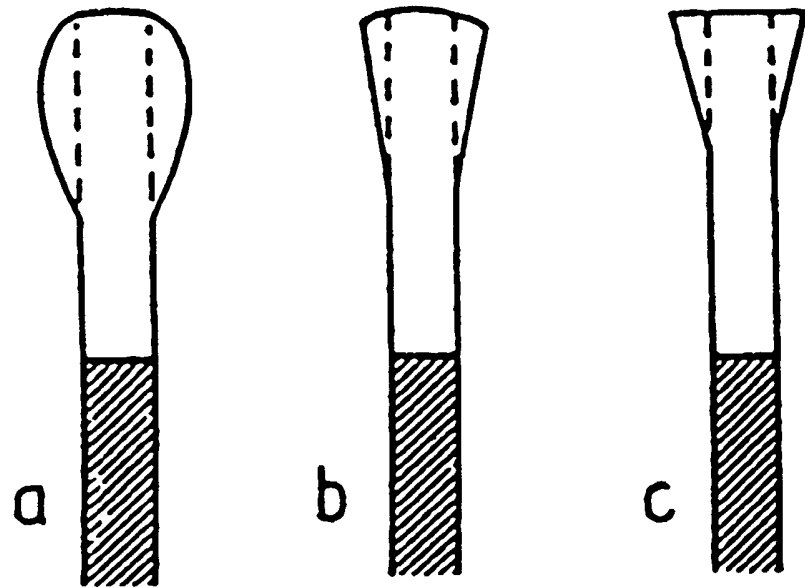
Poznámka:

Varianta b) - méně používaná, spíše se nedoporučuje z důvodu zkrácení hřbetu zubu a nutnosti většího obroušení čela

Rozložení tvrdosti pěchovaného
zubu [HRC]



Egalizace



- a) rozpěchovaný zub
- b) egalizovaný tlakově pomocí bočních čelistí
- c) egalizovaný broušením (při použití tvrdších nástrojových ocelí)

- Úkolem egalizace je sjednocení řezných hran na stejnou šířku s radiálním a tangenciálním zúžením bočních hran zubů.
- Docílují se tím snížení tření zubů v řezné spáře a zlepšení kvality řezu.



Děkuji za pozornost

